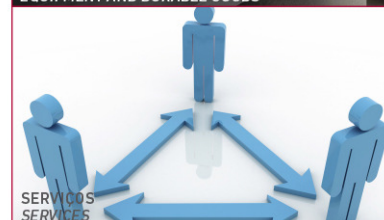
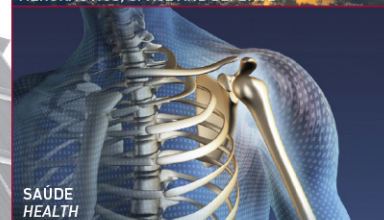


INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL

O projeto inTRAIN, seus objetivos e principais resultados

2015



0 Controlo Documental

0.1 Identificação do Documento

Projeto	inTRAIN
Nome do Documento	O projeto inTRAIN, seus objetivos e principais resultados
Nome do Ficheiro	

0.2 Controlo de versões

Versão	Edição	Revisão	Data	Descrição	Aprovado por

0.3 Autor(es)

Nome	Iniciais
Cláudia Cristóvão	CC
Pedro Mimoso	PM

0.4 Revisor(es)

Nome	Iniciais
Nuno Correia	NC

0.5 Lista de distribuição

Nome	Iniciais	Entidade

Índice

1. Enquadramento do projeto	1
2. O consórcio	2
3. Estrutura do projeto	3
4. Principais resultados por atividade.....	3
4.1 Atividade 1: Estudos preliminares	3
4.2 Atividade 2: Especificações técnicas	5
4.3 Atividade 3: Aquisição e desenvolvimento de novos conhecimentos e capacidades para o desenvolvimento do projeto.	7
4.4 Atividade 4: Desenvolvimento	12
4.5 Atividade 5: Construção de protótipos, pré-séries, instalação experimental/piloto.....	31
4.6 Actividade 6 – Testes e Ensaios.....	38

1. Enquadramento do projeto

O projeto inTRAIN foi um projeto de Investigação e Desenvolvimento de componentes para interiores ferroviários que teve como principal objetivo encontrar soluções inovadoras, desenvolvidas pela indústria nacional, para os interiores de comboios suburbanos focada na integração de materiais e tecnologias eco-eficientes, user-friendly e com design inovador. O inTRAIN contou com financiamento do QREN, no âmbito do Programa Operacional Fatores de Competitividade - COMPETE, e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional. Este projeto foi promovido por um consórcio de empresas constituído pela SETsa; Active Space Technologies; Almadesign; INEGI; ISQ; Optimal Structural Solutions; e Spin.Works. Contou também com o apoio da EMEF e das empresas ERT, FORBO e CLIMAR.

Com efeito o consórcio desenvolveu e integrou todo o interior de um comboio suburbano numa mockup à escala real, para validação das soluções desenvolvidas, demonstrador do know-how e das capacidades tecnológicas dos consorciados, no setor ferroviário.

O interior da carruagem resultante caracteriza-se pela otimização do espaço, circulação e conforto do utilizador relativamente às soluções atuais. Formalmente, a linguagem emotiva e fluida, é inspirada nas formas orgânicas da natureza. O teto apresenta uma artéria central que integra os sistemas de iluminação LED, que permite alterar a intensidade da luz proporcionando diversos ambientes em função da luz natural, das condições climáticas e da estação do ano. Neste elemento, está também integrado o sistema de som e distribuição de ar que se ramifica para o pórtico de entrada, integrando as estruturas de apoio e acesso. Os bancos, de construção modular, com diferentes tipologias e upgrades, são construídos em materiais compósitos, revestidos com espumas e tecidos mais confortáveis e inovadores. A carruagem está também equipada com um interface que transmite informações, tais como temperatura, qualidade do ar, humidade e sinalização de ocupação de lugares, bem como informação complementar sobre a viagem. O projeto apostou ainda na utilização de materiais compósitos certificados para o fogo M2/F2 e em estruturas de painéis modulares permitindo uma fácil acessibilidade à estrutura primária da carruagem, para manutenção e substituições e contribuindo também para a leveza da solução final.

Assim o presente relatório visa divulgar os principais resultados do projeto.

2. O consórcio

O projeto inTRAIN integrou um consórcio constituído por sete entidades (AlmaDesign, Active Space Technologies, INEGI, ISQ, Optimal, SETSA e Spin.Works) apoiado por uma entidade subcontratada (EMEF), possuidoras de um vasto conhecimento multidisciplinar e várias valências tecnológicas relevantes, que foram distribuídos de forma equilibrada pelas atividades e tarefas subjacentes ao projeto.

Na área de design industrial houve uma intervenção destacada da AlmaDesign, que foi responsável por garantir que o projeto primasse pela abordagem diferenciada e integrada pelo design, a partir da experiência de viagem do utilizador.

Cinco entidades consorciadas – AST, INEGI, Optimal, SET e Spin.Works – tiveram um enfoque significativo nas atividades de desenvolvimento e construção de protótipos, nomeadamente ao nível da engenharia de materiais e compósitos e da engenharia eletrónica e eletrotécnica. A AST foi a responsável máxima pelo desenvolvimento dos principais instrumentos e aplicações eletrónicas e elétricas incorporadas no protótipo. O INEGI dedicou-se a questões como o desenvolvimento de novos materiais e estruturas e aplicações inovadoras de materiais já moderadamente utilizados, tendo-se destacado na construção de painéis laterais, bancos e cadeiras em materiais compósitos. A Optimal focou-se na otimização de estruturas e produção de peças em materiais compósitos, sendo responsável, nomeadamente, pela criação do teto e chão do protótipo da carruagem. A SET contribuiu para o projeto com a sua capacidade na área de prototipagem e desenvolvimento de moldes para compósitos e metais, sendo responsável pela produção de todas as peças maquinadas necessárias à construção do protótipo. A Spin.Works concentrou-se no design e projeto estrutural do protótipo e na aplicação de novos materiais compósitos nas cadeiras da carruagem. O parceiro subcontratado – EMEF – foi o integrador final de todas as soluções desenvolvidas no projeto inTRAIN, cabendo-lhe assegurar a montagem do protótipo de interior de veículo ferroviário que se constitui o principal output do projeto. Finalmente, o ISQ para além de ter um contributo relevante na sinalização dos requisitos funcionais e legais para as componentes a desenvolver, dedicou-se a inspeções técnicas e de segurança e a testes e ensaios diversos, certificando-se que as soluções desenvolvidas no decorrer do inTRAIN obedecessem a todos os requisitos regulamentares e operacionais em vigor na legislação e no mercado. Por último, é de destacar os contactos estabelecidos pelo consórcio com as empresas ERT, Forbo e Climar para a sua participação no projeto como parceiras, que confirmaram o potencial e interesse deste projeto, sendo que estas entidades desenvolveram/demonstraram novas soluções ao nível de: tecidos para bancos (incidindo na facilidade de manutenção e na proteção contra atos de vandalismo) - ERT; revestimentos do pavimento – Forbo; e sistemas de iluminação - Climar. Nesse sentido, foi estabelecido com estas empresas um protocolo de colaboração em que o projeto inTrain a troco da obtenção de determinadas tecnologias, cujo fornecimento e know-how não estavam presentes no consórcio, comprometeu-se a divulgar a participação destas entidades no consórcio, enquanto parceiros convidados, sempre que levou/levar a cabo qualquer ação de divulgação do projeto no seu conjunto.

3. Estrutura do projeto

Os trabalhos associados ao projeto inTrain foram estruturados em sete atividades principais distribuídas pelos 3 anos de projeto, englobando todas as tarefas nucleares para a concretização dos objetivos gerais e específicos. A lista de atividades foi a seguinte:

- **Atividade 1:** Estudos Preliminares – análise do estado da arte dos principais conceitos, atributos e tendências do design de interiores nos meios de transporte ferroviário. Esta atividade permitiu uma definição mais eficiente das especificações do produto final a ser gerado, perspetivando um resultado mais inovador e potencialmente mais competitivo.
- **Atividade 2:** Especificações Técnicas – levantamento dos requisitos funcionais e legais associados a interiores de veículos ferroviários, bem como de aspetos comerciais ligados ao produto. Nesta atividade, foram ainda definidas as especificações do protótipo.
- **Atividade 3:** Aquisição de Novos Conhecimentos e Capacidades – geração de ideias para concretização de um protótipo com características únicas, distintivas e inovadoras. Esta atividade envolveu a elaboração de estudos de conceito, maquetas de estudo e estudos de custos, processos produtivos e materiais disponíveis.
- **Atividade 4:** Desenvolvimento – desenvolvimento das várias soluções que foram posteriormente aplicadas e integradas no protótipo.
- **Atividade 5:** Construção do Protótipo – construção e montagem de todos os elementos que compõem o veículo ferroviário produzido.
- **Atividade 6:** Testes e Ensaios – teste e ensaio ao protótipo bem como correção e registo da informação fina do projeto.
- **Atividade 7:** Promoção e Divulgação – criação de página web do projeto, logótipo, lettering, aplicações gráficas, publicação dos resultados do projeto em revistas científicas e técnicas, participação em conferências e feiras internacionais da especialidade para demonstração e promoção do projeto e das empresas participantes e prospeção de mercado.

4. Principais resultados por atividade

De seguida, apresenta-se uma síntese da metodologia de trabalho realizado bem como dos resultados alcançados nas diversas tarefas desenvolvidas ao longo dos seus 36 meses de execução.

4.1 Atividade 1: Estudos preliminares

Esta atividade subdividida em diversas tarefas visava fundamentalmente fazer uma análise dos produtos da concorrência, de tendências e de análise do público-alvo/mercado, uma análise dos pontos fortes e fracos dos produtos existentes bem como um

levantamento das soluções materiais e tecnológicas relevantes, análise do público-alvo/mercado.

Neste contexto, o consórcio, através da análise de diferentes tipos de fontes realizou uma pesquisa exaustiva aos produtos existentes no mercado identificando os principais integradores e operadores ferroviários nacionais e internacionais designadamente: Alstom (França), Siemens (Alemanha), Bombardier (Canadá) (Figura 1), CAF (Espanha), Ansaldo Breda (Itália), Stadler (Suíça), Talgo (Espanha) e Kawasaki (Japão).

Bombardier Spacium - Urbano

Resumo das principais características:

- Configuração de bancos 3+2
- Sinalética bicicletas
- Aquecimento integrado no pavimento
- Pegas nos bancos
- Ausência de tubos verticais e bagageiras: facilidade de circulação
- Janelas de grandes dimensões
- Monitores suspensos integrados
- Iluminação ambiente por LEDs que mudam de cor



Figura 1 - Bombardier Spacium

Através da pesquisa realizada foi possível identificar um conjunto de tipologias de produtos e tendências, sendo que a análise efetuada se versou maioritariamente na tipologia “tram”, comboios urbanos e suburbanos, consideradas as gamas mais próximas dos objetivos finais do projeto inTRAIN. No entanto, para cada uma das tipologias de produto foram identificados componentes, acessórios e características gerais a ter em consideração no projeto, tendo como base as melhores práticas no mercado. Adicionalmente, foi realizada uma recolha e análise de informação mais detalhada para cada um dos componentes identificados no início do projeto a intervir pelo consórcio: tetos, pavimentos, painéis laterais, bancos e elementos acessórios como bagageiras, som e iluminação, janelas e caixilhos, infotainment e sistemas de segurança e controlo.

Para além da pesquisa realizada com base em diversas fontes, e de modo a ter contacto direto com produtos do mercado nacional, foram realizadas visitas a carruagens de comboios em diferentes instalações da CP e da EMEF. Assim, após o estudo de diferentes alternativas de estruturas que poderiam ser utilizadas para a integração das componentes desenvolvidas pelos consorciados, o que envolveu várias visitas dos consorciados às mesmas, foi escolhida uma estrutura ferroviária (representativa de uma secção das UME3400) que serviu de base à mockup à escala real, que foi desenvolvida no projeto.

Durante as diversas visitas foi possível analisar e registar fotograficamente aspetos técnicos e estruturais das carruagens, assim como debater soluções/ideias a aplicar no projeto do ponto de vista da integração e de manutenção de um veículo ferroviário. Foram ainda identificadas as características consideradas mais fortes assim como aspetos que necessitam de melhorias.



Figura 2 – Carruagem Linha de Cascais



Figura 3 – Suburbano do Porto, CP2000

Foi ainda recolhida informação acerca de possíveis materiais a serem aplicados no projeto, com atenção especial aos materiais leves e/ou naturais. É de salientar que o foco da pesquisa efetuada foi direcionado para materiais e tecnologias que se integrem na filosofia do eco-design e tenham, à partida, boas probabilidades de serem validadas com sucesso quando confrontadas com as especificações técnicas dos interiores ferroviários. Ao nível desta pesquisa destaca-se que se verificou nas carruagens uma forte presença de materiais compósitos e que foi identificada a vantagem de utilização de cortiça devido à sua boa capacidade de isolamento térmico e acústico e por ser um material natural e ecológico.

Ainda no âmbito desta atividade o consórcio procurou identificar os aspetos que as entidades que podem vir a adquirir o produto a desenvolver neste projeto e o grupo de utilizadores finais consideram importantes. Nesse sentido, para além da recolha e análise de informação documental existente e das interações regulares com a EMEF, foi realizada uma reunião com a operadora portuguesa CP Comboios de Portugal.

4.2 Atividade 2: Especificações técnicas

Esta atividade compreendeu essencialmente a definição dos requisitos funcionais, legais e comerciais dos elementos objetos de estudo constituintes do demonstrador final.

Face às necessidades, presentes e futuras, do mercado alvo, aprofundadas na atividade anterior, nesta atividade o consórcio sinalizou, numa primeira fase os requisitos funcionais para as componentes a desenvolver para o interior ferroviário e finalizou o levantamento de todos os diplomas legais (requisitos legais) que regulam o sector e outros que pudessem afetar as componentes a desenvolver. Esta iniciativa resultou numa quantidade apreciável de informação, refletindo as necessidades dos diversos intervenientes, nomeadamente do público utilizador, dos operadores, dos fabricantes, das entidades oficiais, das organizações sectoriais, entre outros. Nesse sentido, para a identificação dos requisitos, foi desenvolvida/implementada uma metodologia que

permitiu conjugar as diferentes perceções dos consorciados e outros intervenientes (caso da EMEF) relativamente às especificações da solução final. Desta forma, no final da aplicação da metodologia, foi possível classificar cada requisito identificado como sendo demonstrável ou não demonstrável, indicando assim se é aplicável ou não à fase de protótipo.

Convém referir que um conceito foi gerado a partir de um cenário de exploração/utilização selecionado pelos consorciados, o que permitiu enquadrar a análise dos requisitos num veículo suburbano de elevada intensidade de tráfego de passageiros e de curtas distâncias entre paragens. Para complemento do conceito do veículo, foi realizado um estudo nas unidades da série 2300 e 2400, em circulação na linha de Sintra. Este estudo permitiu recolher mais informação sobre as condições reais de operação.

Assim, é de assinalar alguns dos requisitos mais importantes recolhidos nesta fase, agrupados nos seguintes tópicos:

- Elevada fiabilidade e fácil manutibilidade, tendo em vista uma exploração comercial que pretende maximizar a disponibilidade do veículo e reduzir os custos de ciclo de vida. A conceção dos interiores, e, em especial, do seu processo de montagem, tem um grande impacto na manutibilidade do veículo. Assim, deve ser considerada a substituição de componentes em caso de vandalismo com grande rapidez e eficiência de mão-de-obra de manutenção. Os processos mais comuns são por exemplo a substituição de capas e enchimentos de bancos, substituição de vidros de janelas, limpeza de grafites, entre outros. De assinalar que os revestimentos dos interiores cobrem espaços que são usados para a montagem de equipamentos e componentes de outros sistemas do veículo. A rapidez de abertura dos revestimentos (painéis, grelhas, perfis, etc.) para realização de operações de manutenção, nomeadamente acesso aos mecanismos e centralinas de comando das portas, troca de filtros do sistema de ar condicionado, troca de lâmpadas, etc., traduzem-se em enormes poupanças nos custos de manutenção e nos custos associados à imobilização/indisponibilidade do veículo.
- Preocupações ambientais na escolha dos materiais que permitam nomeadamente processos de fabrico e matérias-primas amigos do ambiente, a reutilização em futuras remodelações e modernizações e a reciclagem dos materiais no fim do ciclo de vida (abate).
- Segurança dos passageiros em condições de utilização normal e em condições de emergência na perspetiva dos materiais empregues e na implantação (layout) dos diversos componentes no interior dos veículos. A localização e disposição dos bancos e das divisórias determinam as condições de evacuação em caso de emergência. A inclusão de zonas de intercomunicação, com visibilidade ampla de toda a unidade, proporciona melhores condições de vigilância e dissuasão a potenciais assaltos aos passageiros. Os materiais empregues devem obedecer a normas, à legislação aplicável e a análises de risco decorrentes de condições específicas da operação. Alguns exemplos de requisitos deste tipo são os associados à segurança como sejam: resistência à iniciação e propagação de chama, não formação de gotas, não emissão de fumos tóxicos e opacos em caso de incêndio, não criação de arestas cortantes em caso de solicitações extraordinárias (colisões), entre outros.

Em paralelo foram identificados os requisitos que o público-alvo direto possui, de forma a desenvolver uma solução capaz dar resposta aos mesmos. Seguidamente, listam-se alguns dos grupos de requisitos mais importantes identificados:

- Custo de ciclo de vida, tendo em conta que é um dos fatores de decisão de compra mais importantes, e para o qual contribuem, além do custo inicial, o desempenho RAMS (reliability, availability, maintainability, safety) e o peso do sistema de interiores.
- Eficiência de montagem através da redução do número de componentes, rapidez da sua fixação e ausência de acerto e afinações à montagem (qualidade do projeto de montagem).
- Flexibilidade do conceito de interiores na adaptação a outros projetos onde poderá haver variações na forma e dimensões da secção transversal, e no comprimento do veículo. Estas variações resultam de não existirem gabarits cinemáticos normalizados para a maior parte das aplicações de exploração ferroviária. Cada país e, por vezes, cada linha, tem o seu próprio gabarit que determina veículos com dimensões diferentes e, por isso, interiores com dimensões diferentes.
- Conforto dos passageiros concretizada em inúmeras características dos interiores a começar pelos bancos mas também pela facilidade de circulação, disponibilização de informação, atenuação do ruído interior, iluminação natural e artificial, disponibilização de Zonas Multifunções em especial de locais para PMR (Passageiros de Mobilidade Reduzida), entre outros.

4.3 Atividade 3: Aquisição e desenvolvimento de novos conhecimentos e capacidades para o desenvolvimento do projeto.

Esta atividade consistiu no levantamento e análise das soluções existentes existentes no mercado, em particular no que diz respeito aos layouts e desenvolver conceitos novos com soluções inovadores ao nível dos materiais, funcionalidade, flexibilidade e design que cumpram com os requisitos apresentados na atividade anterior.

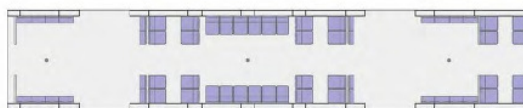
Assim, foi realizado um estudo conceito que consistia na investigação e desenvolvimento de layouts e conceitos de interior de carruagem, que foram sendo aperfeiçoados ao longo da tarefa pelos diversos inputs internos (Consortiados e EMEF) e externos ao projecto. No decorrer destas acções alcançou-se quatro layouts (Figura 4) e quatro conceitos de interior que foram alvo de uma análise mais profunda e de avaliação por parte do Consórcio.

Layout 1



- 56 Lugares sentados + 4 apoios isquiáticos
- 144 Lugares em pé (valor médio)

Layout 3



- 52 Lugares sentados + 8 apoios isquiáticos
- 150 Lugares em pé (valor médio)

Layout 2



- 56 Lugares sentados
- 180 Lugares em pé (valor médio)

Layout 4



- 56 Lugares sentados
- 144 Lugares em pé (valor médio)

Figura 4 - Propostas de layouts desenvolvidos no interior da carruagem

Em relação às propostas de layout para carruagens, foram realizados estudos que tiveram em consideração a distribuição de passageiros em lugares sentados e em pé, a área de vestíbulo para transportar objectos de maior dimensão, como carrinho de bebé, cadeira de rodas, bicicleta, bagagem, entre outros. Assim, foram tidos em conta alguns aspectos, como:

1. Evitar a aglomeração de passageiros nas entradas do veículo, induzindo a sua deslocação para os pontos de apoio de modo a libertar as áreas de entrada;
2. Prever áreas multifunções para PMRs e transporte de bicicletas, carrinhos de bebé e bagagem;
3. Considerar a área livre para passageiros que viajam em pé, obtendo com isto a lotação do veículo com base em 3 valores de lotação – 3, 5 e 7 pessoas/m²;
4. Analisar os lugares sentados, contando com o número de bancos fixos e rebatíveis que poderão ser utilizados fora da hora de ponta.

Destes estudos, resultaram 4 propostas distintas entre si, umas privilegiando os lugares sentados, outras privilegiando os lugares em pé e vestíbulos.

Das 4 propostas apresentadas o Layout 2 foi o que mais vantagem apresentou ao Consórcio, isto porque permite um bom número de lugares sentados em horário mais livre, e máxima lotação em hora de ponta. No entanto, com base neste layout foram consideradas novas iterações para melhoria, alcançando o Layout da Figura 5.

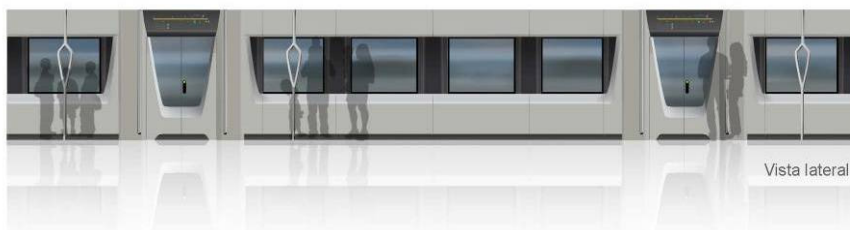
No que respeita ao conceito para o interior do veículo ferroviário (comboio suburbano), foram efectuadas abordagens baseadas em conceitos formais e de inspiração distintos. Através de esboços e ilustrações foram alcançados 4 conceitos intitulados – CLINIC SPORT, NATURE e HOME .



Figura 5 - Conceito seleccionado (NATURE) – perspectiva geral



Planta de tecto



Vista lateral

Figura 6 - Conceito seleccionado (NATURE) – planta do tecto e vista lateral

Deste exercício resultaram algumas considerações que tiveram carácter orientador ao longo do projeto:

1. Dada a tipologia de veículo a que se destina a solução proposta, a integração de um suporte de bagagem deixou de fazer sentido, sendo possível fornecer aos utilizadores um espaço mais amplo e agradável.
2. O sistema de condutas para a integração de sistemas de ar foi desenhado e foi prevista a sua representação não funcional no protótipo final.
3. O trabalho desenvolvido sobre o tema vidros e portas divisórias incidiu sobretudo no design. Para estes componentes o Consórcio decidiu fazer uma pesquisa de mercado e adoptar algumas das soluções (ao nível dos materiais) existentes.
4. Foi feito um estudo do estado da arte ao nível das soluções compósitas disponíveis no mercado para o pavimento. Os componentes envolventes ao piso foram desenhados por forma a poder acomodar algumas destas soluções inovadoras, assim como as soluções mais tradicionais com base nos aglomerados de madeira.
5. No que diz respeito aos painéis laterais e tecto a aposta em materiais compósitos certificados para o fogo M2/F2 e em estruturas modulares com vista à fácil acessibilidade à estrutura primária da carruagem e consequentemente à fácil

manutenção e substituição destas constituiu o principal foco de inovação. Tendo como objectivo a leveza da solução final, o estudo e selecção de materiais adequados foi também contemplado.

6. A principal inovação respeitante ao desenvolvimento dos bancos referiu-se ao estudo e projecto de um cantilever de estrutura compósita e portanto mais leve. Preocupações com o conforto dos passageiros como por exemplo ao nível da selecção e combinação de materiais distintos para o assento constitui também uma mais-valia.
7. Relativamente aos sistemas de iluminação estes foram baseados num conceito RGB que permite alterar a intensidade e cor da luz proporcionando diversos ambientes em função de variáveis como por exemplo a luz natural presente no momento, as condições climatéricas e a estação do ano.
8. No âmbito de sistemas de infotainment e som, foi desenvolvido um esboço inicial da interface visual, que transmite informações com várias características. Esta interface será por painéis com ecrãs TFT e integra sistema de som, de forma a permitir transmitir diversos conteúdos audiovisuais.

Em paralelo, também foram trabalhados modelos de estudo que permitiram desenvolver os componentes a integrar o conceito. Assim destacam-se os seguintes modelos:

- Modelos de superfícies (Figura 7) que contemplavam: o interior da carruagem, onde foi incluída uma estrutura base, painéis laterais das janelas e dos pilares, painéis de tecto geral e central, pavimento e gangway; um modelo do banco fixo que contempla as cascas, almofadas e acessórios, como pegas, apoio de cabeça e apoio de braço; e um modelo do banco rebatível que contemplava as cascas da costa e do assento, as almofadas da costa, do assento e do apoio isquiático.
- Modelo tridimensional de superfícies (Figura 8), que permitiu a todos os Consorciados responsáveis pelo desenvolvimento das peças uma melhor percepção dos componentes que integravam o projecto. O modelo tridimensional baseou-se nos desenhos do conceito escolhido na Tarefa anterior, assim como no documento de especificação de produto, tendo como objectivo aproximar-se mais da futura realidade do objecto a nível de proporções, dimensões e funcionalidade. De assinalar neste âmbito que também foram consideradas diferentes bases cromáticas, tendo sido escolhida a apresentada na figura disponibilizada.



Figura 7 - Exemplos de modelação de superfícies: carruagem, bancos fixos e bancos rebatíveis

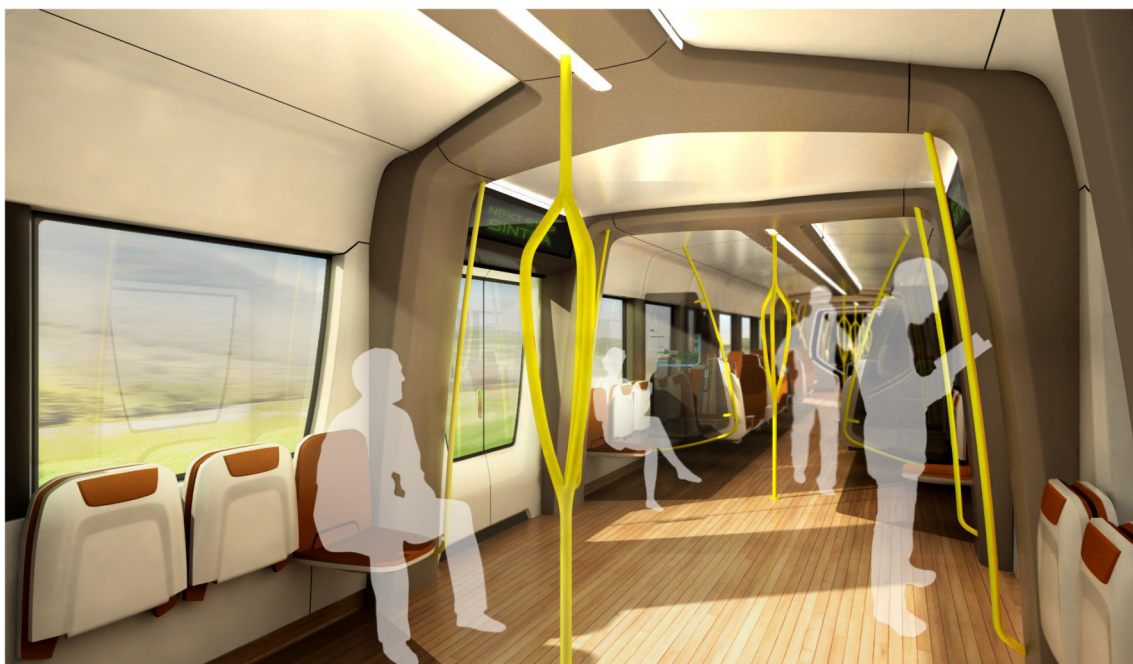


Figura 8 - Modelo de superfícies do conceito final (Versão tridimensional)

Estes resultados permitiram analisar os processos tecnológicos e custos inerentes a cada solução do conceito de componentes (Figura 9, Figura 10 e Figura 11).

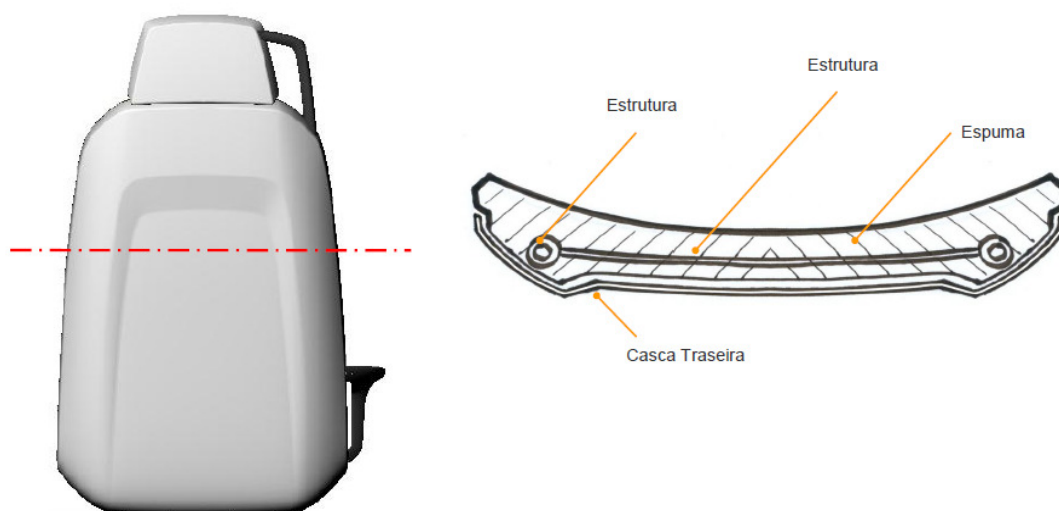


Figura 9 - Sugestão do princípio construtivo do modelo de superfícies da componente Banco

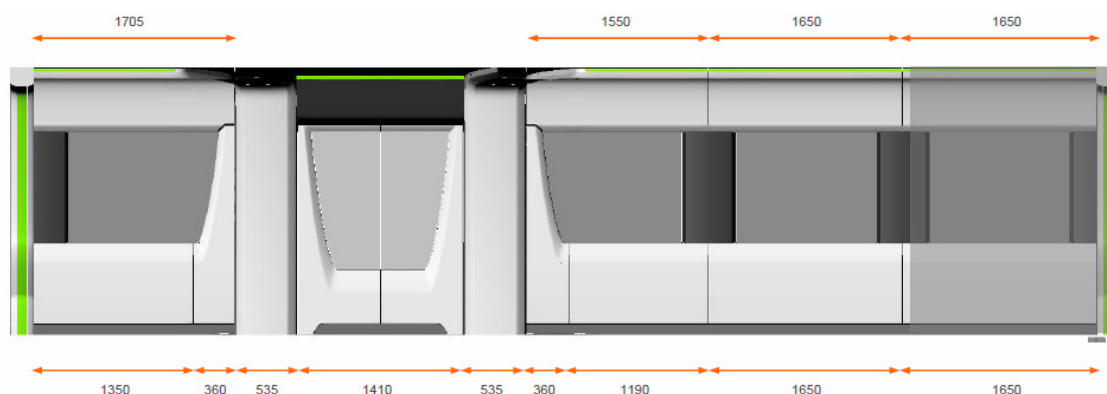


Figura 10 - Sugestão de divisão de peças – painéis laterais (Estereotomia)

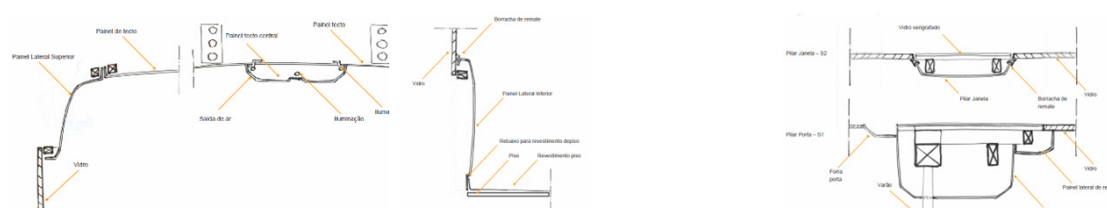


Figura 11 - Sugestões da secção construtiva – painéis laterais.

4.4 Atividade 4: Desenvolvimento

Esta actividade compreendeu o projeto de detalhe de todos os componentes desenvolvidos, tendo por base estudos técnicos e dimensionamento mecânico dos componentes, escolha de materiais, revestimentos e cores a aplicar, ajuste geométrico dos componentes contemplando o processo de fabrico e integração de todo o conjunto em sistema CAD para avaliação e validação.

Foram consideradas várias soluções no que toca à construção dos componentes, tendo sempre por base uma conciliação entre a função estética e a funcionalidade e modularidade. Um caso representativo deste trabalho é o da solução encontrada para os painéis laterais representados na Figura 12.

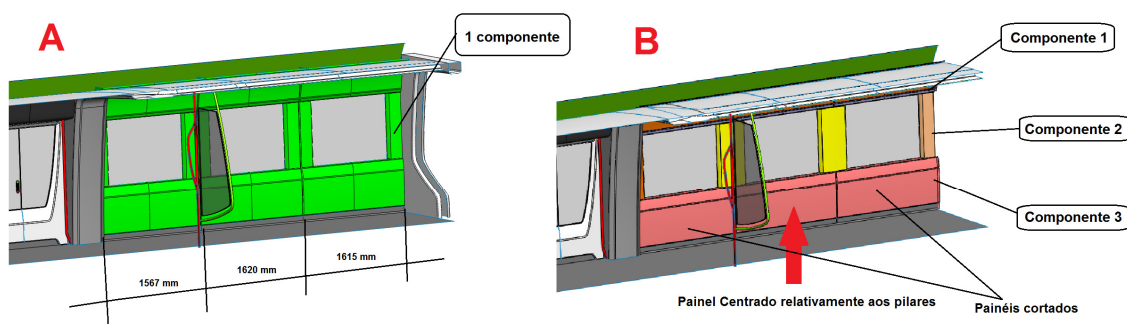


Figura 12 - Soluções construtivas apresentada para os painéis laterais.

Um dos problemas inerentes ao fabrico modular dos painéis é o diferente comprimento dos painéis a produzir. Caso fosse considerado um componente com uma dimensão média, este, em virtude do desalinhamento dos pilares, não ficaria alinhado com estes, resultando numa estética indesejada. A solução foi usar a distância entre pilares para determinar o comprimento do painel central, submetendo a operações de corte e acabamento os restantes painéis. A sua simplificação do painel em 3 componentes distintos pretendeu simplificar as operações de corte e acabamento ao nível do componente produzido sendo no entanto um maior cuidado na integração.

Ao nível da estética entre painéis também foi apresentado o problema das juntas que podia ser resolvido com a introdução de borrachas entre painéis. Esta solução também não convenceu o Consórcio, quer do ponto de vista estético, quer do ponto de vista funcional. Assim, foi proposto acrescentar uma aba aos painéis por forma a “cobrir” as zonas de junta e facilitar o encosto dos mesmos no acto de integração (Figura 13)

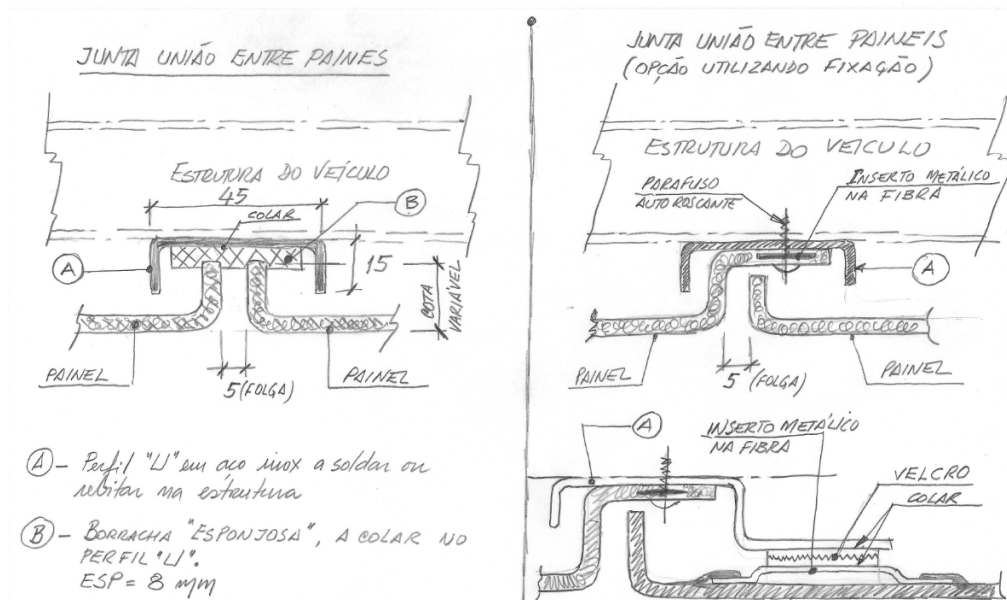


Figura 13 - Esboço da solução encontrada para escamotear juntas e preparação para integração.

Esta solução foi implementada em CAD 3D e foi visualizada para averiguação de novos problemas de carácter estético e funcional. A geometria teve que contemplar as especificidades dos processos de compósitos, sendo sempre garantido um raio de 3mm. Desta forma é facilitada a moldação do componente e são minimizados os possíveis defeitos (Figura 14).

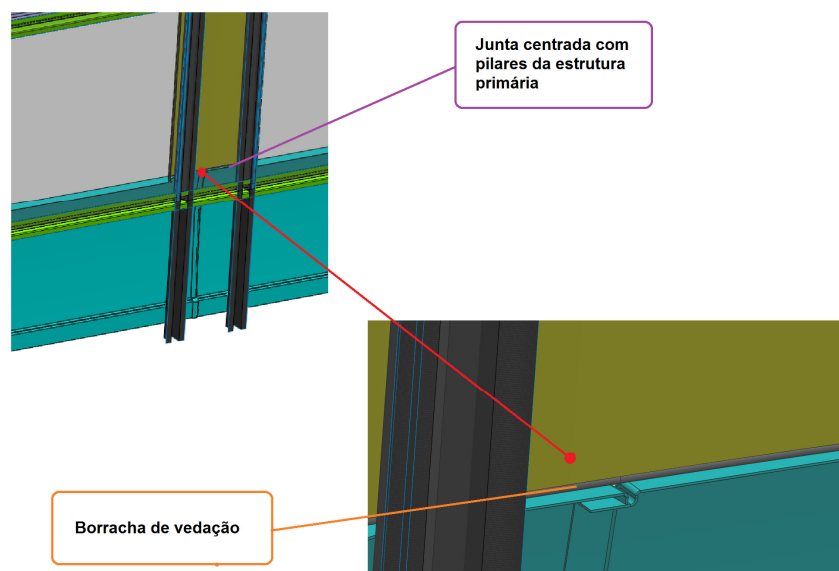


Figura 14 - implementação das abas nos painéis laterais.

O piso, que foi integrado em conjunto com os painéis, está integrado na estrutura primária de acordo com a solução esboçada na Figura 15.

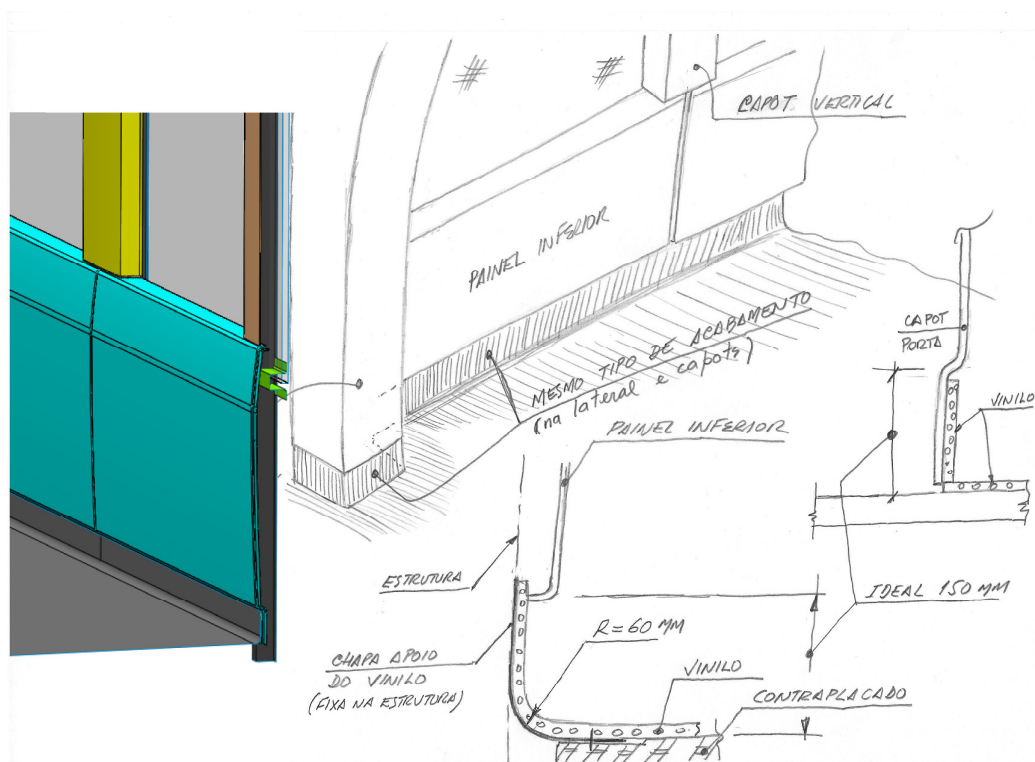


Figura 15 - Integração do piso com painel lateral de acordo com solução esboçada.

Relativamente aos bancos, foram discutidas, em conjunto com a ERT (empresa não incluída no consórcio mas contactada pelo seu know-how em revestimentos para a área

dos transportes), diversas soluções para a produção dos componentes e respectiva integração, com base na definição de uma estratégia de revestimento em espuma e tecido, com estrutura interna metálica e cascas em material compósito, que serviu de suporte ao desenvolvimento do banco. Entre os blocos de estofagem e a casca compósita existe uma estrutura interna de chapa metálica estampada e quinada, que funciona como reforço nos pontos de introdução de carga, como os apoios de braços, pegas e interface com a estrutura de suporte do banco (Figura 16). Esta solução reduz os custos de produção da casca externa dos bancos, permitindo também resistir aos níveis de solicitação mecânica necessários.

Assim, para efectuar o projecto mecânico CAD/CAE do banco (Figura 17), foram usadas ferramentas de CAD que auxiliaram a modelização virtual do banco incluindo com todos os seus componentes: Estrutura interna do banco; Cascas; Espumas; Revestimento Têxtil; Pegas de bancos e Apoios de braço; Interface com o suporte cantilever; e o Interface com sensor de ocupação. Para este efeito, foi previamente efectuada uma avaliação dos processos produtivos disponíveis e uma caracterização dos materiais candidatos. De seguida, foi escolhido um desenho preliminar que define a configuração da estrutura interna (Figura 18), a tipologia dos estofos e têxteis e o tipo de fixações de todos os elementos na estrutura dos bancos. Esta configuração foi escolhida de modo a minimizar os custos de produção e manutenção, enquanto se maximiza o conforto e segurança. De assinalar ainda que houve a necessidade de revisão da geometria das superfícies dos bancos para permitir a saída da peça do molde (Figura 19).

De salientar que para atingir os objectivos de design, foi escolhida uma configuração de camada dupla de espuma: uma interior de maior densidade, rigidez e volume, com a forma de acordo com a geometria da superfície interior da casca traseira em fibra e com as superfícies do encosto e assento frontal; e uma outra espuma de menor densidade e espessura constante, com o fim de cobrir a espuma de maior densidade. Esta solução de densidade dupla permite um elevado nível de conforto, em comparação com soluções usando uma única formulação de espuma, garantindo a forma do assento logo durante a produção do bloco interior de espuma. O revestimento em tecido é termo-colado em conjunto com a espuma de menor densidade, garantindo a geometria das superfícies do assento e encosto, juntamente com a forma interior de maior densidade. Este processo inovador permite incorporar os sensores de ocupação dos bancos no processo de estofagem, enquanto se reduzem consideravelmente os custos de mão-de-obra actualmente usados na estofagem de assentos. A estofagem do banco é dividida em três blocos independentes (fundo, lombar, dorsal), que facilitam a manutenção e são adequados ao esquema multi-colorido do design.

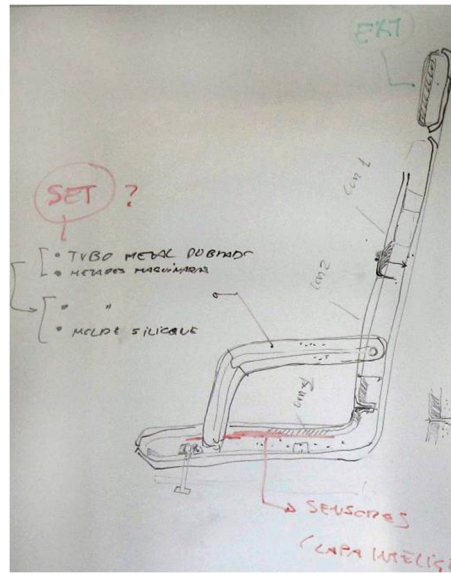


Figura 16 - Detalhes técnicos - banco



Figura 17 - Bancos - Modelos CAD

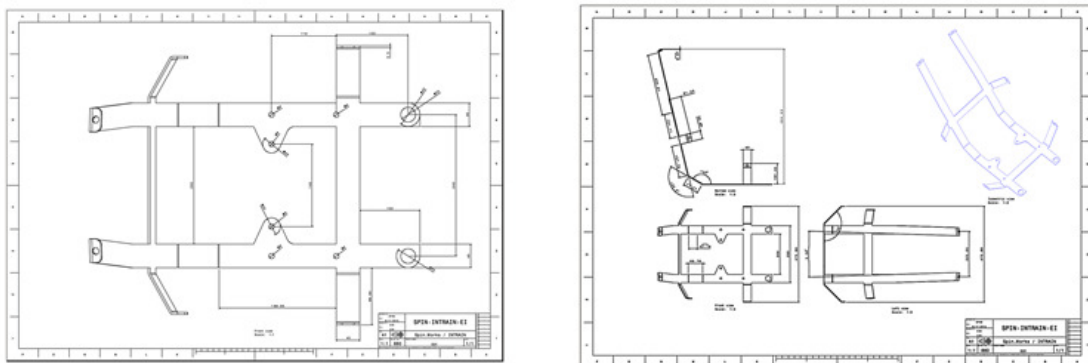


Figura 18 - Desenho mecânico da estrutura interna

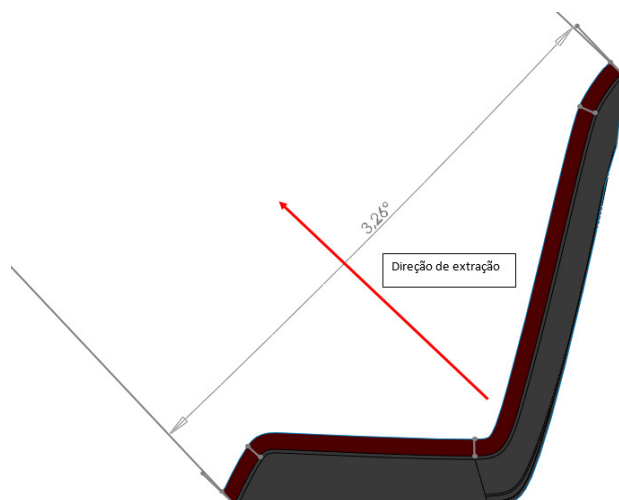


Figura 19 – Revisão da geometria de superfícies do banco

Foi também desenvolvido o cantilever para suporte dos bancos que está apresentado na Figura 20.

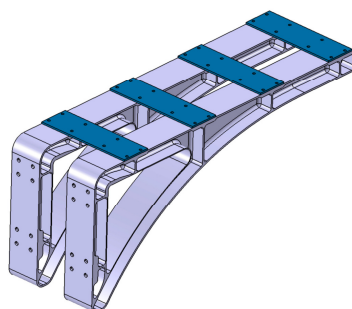


Figura 20 – Modelo 3D do Cantilever

Usando um processo iterativo em elementos finitos chegou-se a um modelo final para o cantilever - Figura 22. Os materiais, o laminado e as espessuras foram seleccionadas durante a execução deste processo.

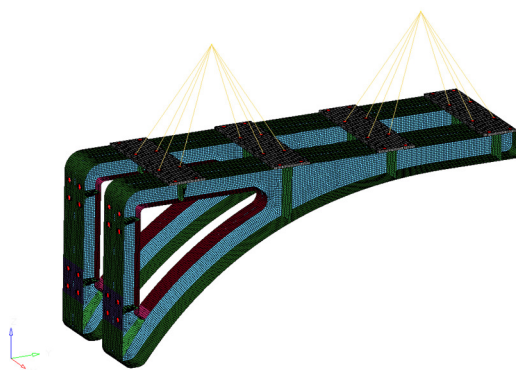


Figura 21 – Modelo final 3D do Cantilever

Este modelo foi desenvolvido para suportar um embate frontal de 10Gs mais 3Gs, respectivamente na direcção do movimento e do peso das pessoas. O pior dos casos foi

testado, sendo este quando as pessoas estão de costas na direcção do movimento, e a massa de cada pessoa simulada com 100Kg. Algumas imagens deste modelo de elementos finitos apresentam-se de seguida (Figura 22).

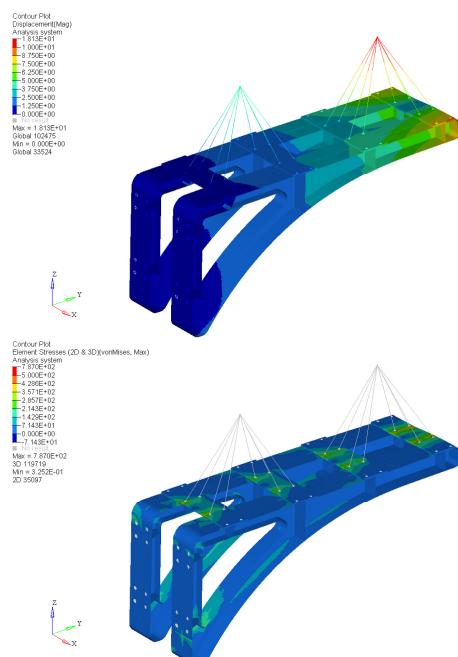


Figura 22 – Modelo e resultados FEA

Foi também desenvolvido um modelo CAD do tecto da carruagem (Figura 23). Neste modelo foram considerados especialmente os interfaces entre estes e os painéis laterais. A solução encontrada procurava minimizar os custos dos painéis e garantir uma apropriada acessibilidade a todos os sistemas.

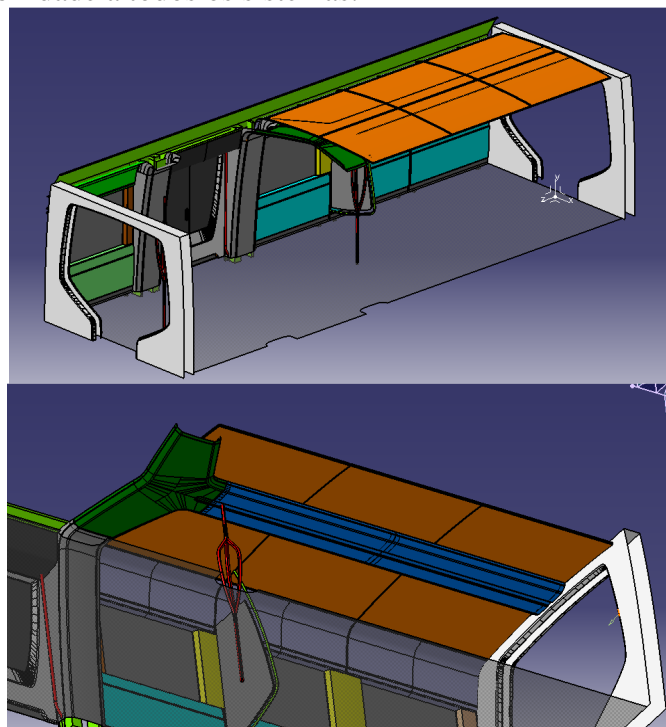


Figura 23 – Modelo 3D do tecto

Adicionalmente, no mesmo período, foi aprofundado o desenvolvimento de soluções para fixação dos painéis de tecto e laterais da mock-up. Nesse sentido, foi discutida e definida a melhor estratégia para fixação, assemblagem e facilidade de manutenção das diversas peças dos painéis laterais e de tecto. Ficou definido que as soluções propostas seriam utilizadas em todas as situações, para uma maior uniformização dos sistemas. As entradas e saídas de ar e respectivo sistema de condutas estão também definidos, estando localizados por cima dos painéis do tecto (Figura 24 e Figura 25).

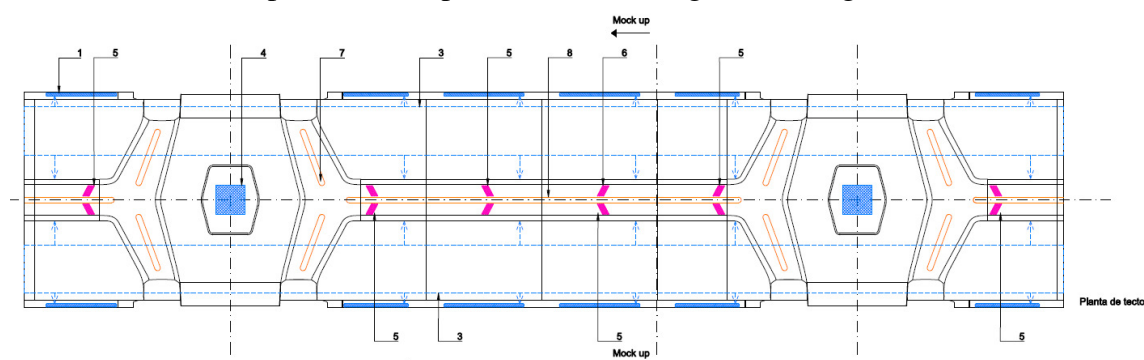


Figura 24 – Esquema de condutas de ar

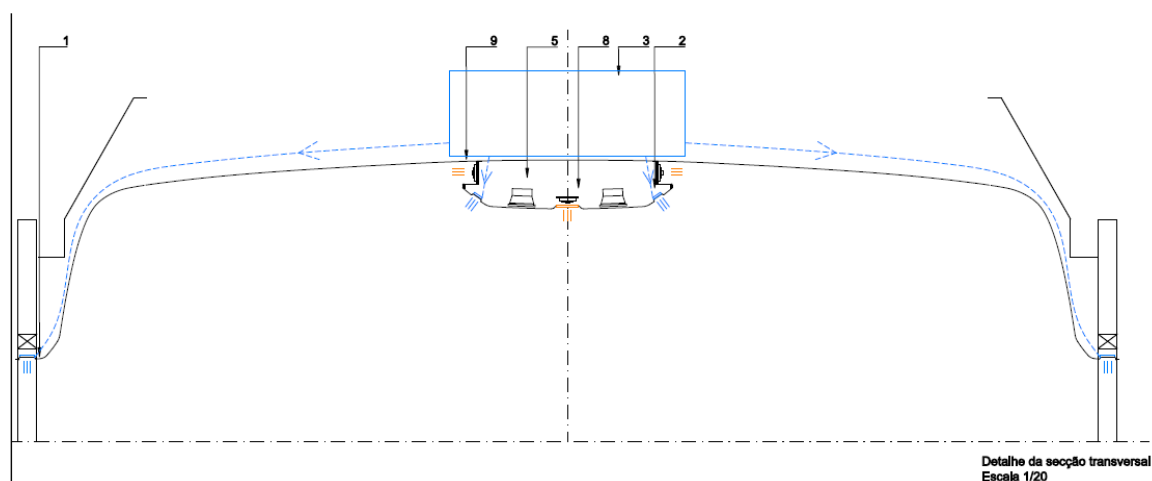


Figura 25 – Sistema de convecção forçada localizado acima dos painéis do tecto

Concluindo, após uma análise dos requisitos do tecto, e da geometria do mesmo, optou-se por uma construção em sandwich para este. Esta baseia-se em peles de fibra de vidro com cores em poliuretano. A construção é efectuada através de laminação por via húmida e recorrendo a vácuo para a consolidação do laminado. Esta é uma solução de baixo custo e que garantiu os requisitos do projecto. Com base nesta configuração foi realizado o design das componentes (Figura 26), tendo em vista a posterior definição do ferramental.

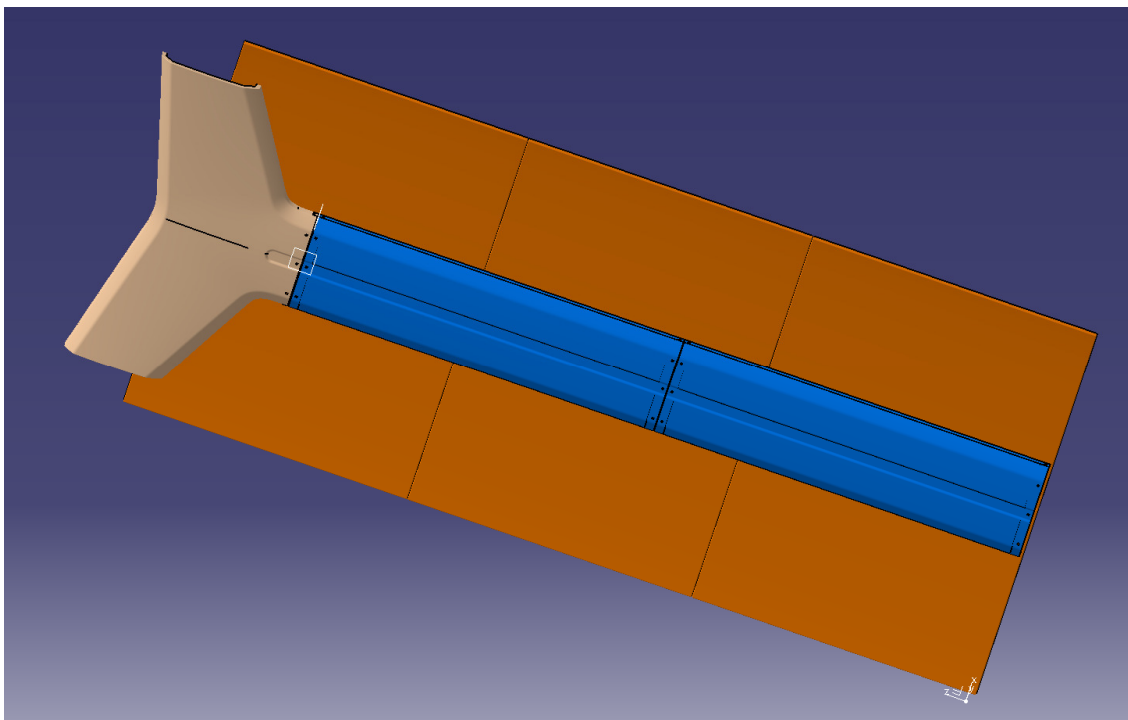


Figura 26 – Configuração do tecto

O tecto foi dividido em 3 tipos de componentes:

1. Painel da zona de porta (castanho claro). Este foi realizado numa única componente, ficando instalado sob os painéis principais do tecto (Figura 27). Este interage com os painéis principais do tecto ficando aparafusado a estes, com os painéis laterais ficando encontrados a estes, com uma folga de 4 mm, e com a coluna central do tecto com a qual tem elementos de ligação.

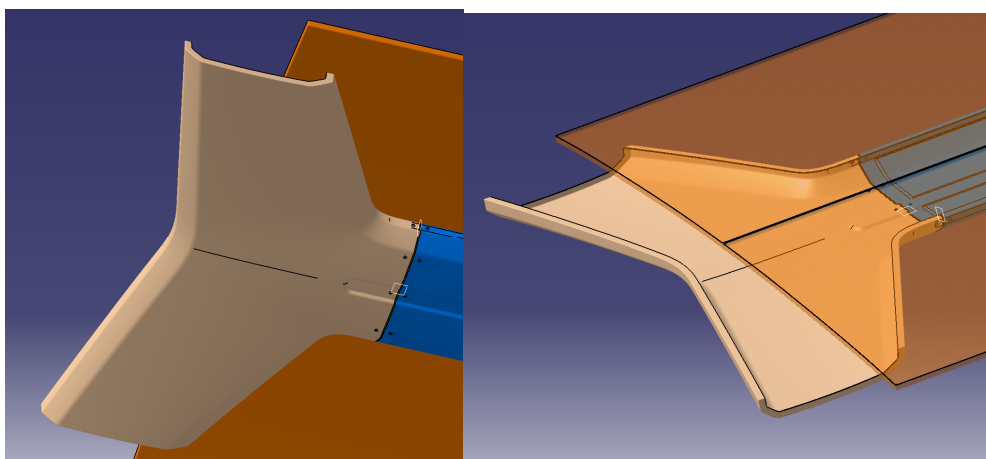


Figura 27 – Detalhe do painel da zona de porta

2. Painel central (azul). Este painel foi desenhado de modo a poder ser construído em troços, minimizando assim o tamanho do ferramental. Este painel interage com o painel de porta através de uma ligação aparafusada, e fica suspenso através de apoio nos painéis de tecto.

3. Painel de tecto (laranja). Este painel cobre o tecto todo, sendo nele apoiados os restantes. Todas as fixações são aparafusadas e de remoção rápida. A ligação entre este painel e a carruagem é realizada com perfis suspensos do tecto e amarrados à estrutura já existente. Todo o design destes painéis foi realizado tendo em vista a possível remoção dos mesmos sem afectar os painéis laterais.

Todo o sistema foi composto por iluminação LED, com luz branca para a iluminação central e cor variável (RGB) para a iluminação indirecta. A iluminação RGB tem o intuito de variar de acordo com várias condições (horárias, sazonais, climatéricas, etc...). Este sistema inclui indicações de saída e entrada junto às portas, (preferencialmente luz branca para indicar a saída e luz vermelha para indicar a entrada de passageiros).

O desenvolvimento dos sistemas de infotainment foi realizado em dois momentos. Num primeiro momento, foi desenvolvido um esboço inicial da interface visual, que transmite informações com várias características, nomeadamente informação em tempo real (hora actual, atrasos, estação anterior e próximas), meteorologia e qualidade do ambiente a bordo (temperatura, humidade e CO2), publicidade, notícias e conteúdos televisivos (ver Figura 28). Esta interface é feita por painéis com ecrãs TFT de forma a permitir transmitir os diversos conteúdos visuais previstos. Foram escolhidos ecrãs TFT semelhantes aos utilizados nos monitores da Figura 29 (com 21.5" e uma resolução nativa de 1920 x 1080 pixéis), com tecnologia IPS, de forma a permitirem um ângulo de visão de 178° de visão (vertical e horizontal), que são instalados numa estrutura que comporta 2 ecrãs lado a lado, de forma a formar um painel com o formato 32:9.



Figura 28 - Modelo preliminar de apresentação de conteúdos de infotainment

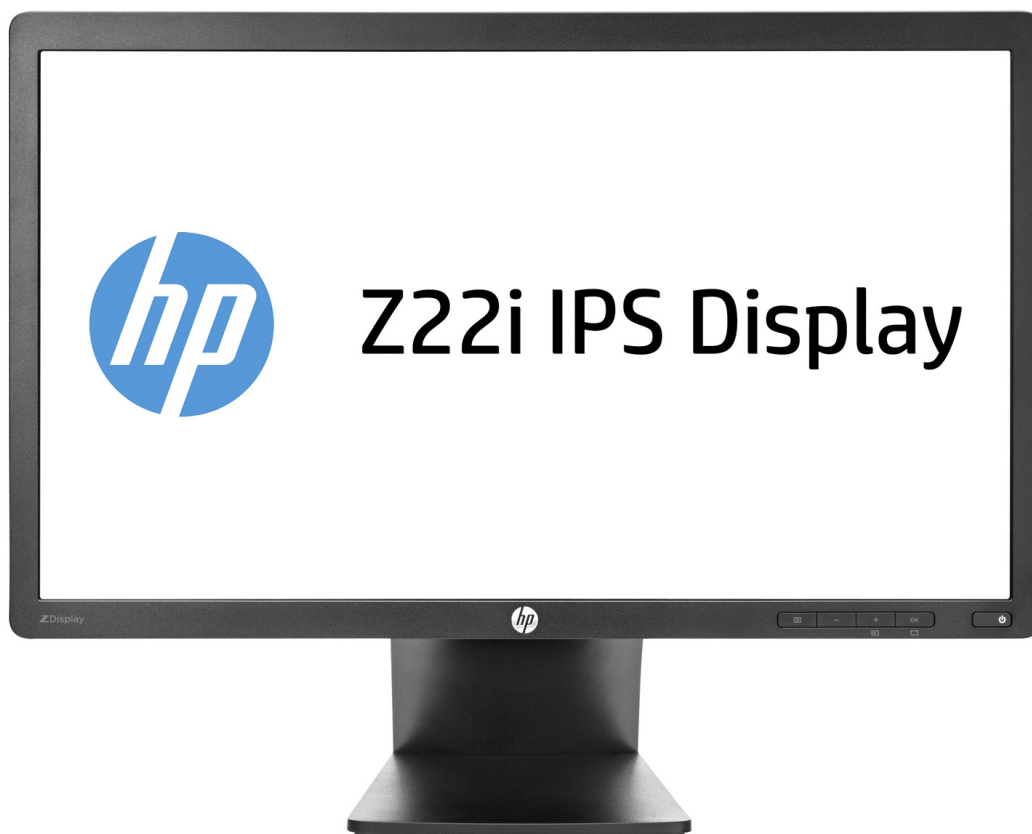


Figura 29 - Sugestão de painéis TFT com tecnologia IPS a utilizar nos painéis informativos

Estes painéis ficam localizados por cima das portas de entrada/saída e têm o conteúdo adequado a cada situação temporal (entrada/saída de passageiros, entre estações, etc...). O servidor onde corre o software de infotainment (Figura 30) consiste num PC para uso automotivo, que não tem ventilação forçada e é resistente a vibrações. Este PC é colocado na cabina da mock-up, sendo de fácil acesso para o caso de ser necessário efectuar alguma alteração ou manutenção no sistema.



Figura 30 – Computador de uso automotivo utilizado para o servidor de infotainment

Num segundo momento, dado que se confirmou a especificação da utilização de dois ecrãs em conjunto em vez de um único, foi reformulado o design gráfico da informação a dispor nos ecrãs de infotainment (Figura 31) com base no modelo preliminar concebido. Este design preliminar tinha sido já concebido com base na premissa que existiriam dois ecrãs, em vez de um único, mas haviam algumas limitações técnicas que não permitiram a sua total implementação.



Figura 31 – Design gráfico dos painéis de infotainment

Sendo assim, optou-se por fazer algumas adaptações ao design inicial de modo a ultrapassar essas limitações técnicas. O layout actual do sistema de infotainment (Figura 32) apenas necessitou de algumas pequenas modificações quando estes ecrãs foram instalados, de modo a melhor adaptar o sistema às condições da mock-up.



Figura 32 – Layout actual do sistema de infotainment

Por último, ainda de referir que esta tarefa ao ser desenvolvida em simultâneo com processo de produção de todos os componentes a integrar na mock-up, verificou-se a necessidade de definir um documento de especificação de materiais, cores e texturas para os diferentes componentes, de acordo com o conceito de acabamentos apresentado e seleccionado anteriormente.

Foi assim gerado um documento descritivo dos acabamentos e materiais (Figura 33), e desenvolvido um painel demonstrador, com amostras dos respectivos materiais. Este painel comunica claramente o aspecto visual, cromático e táctil pretendido para cada componente que integra o interior da mock-up.

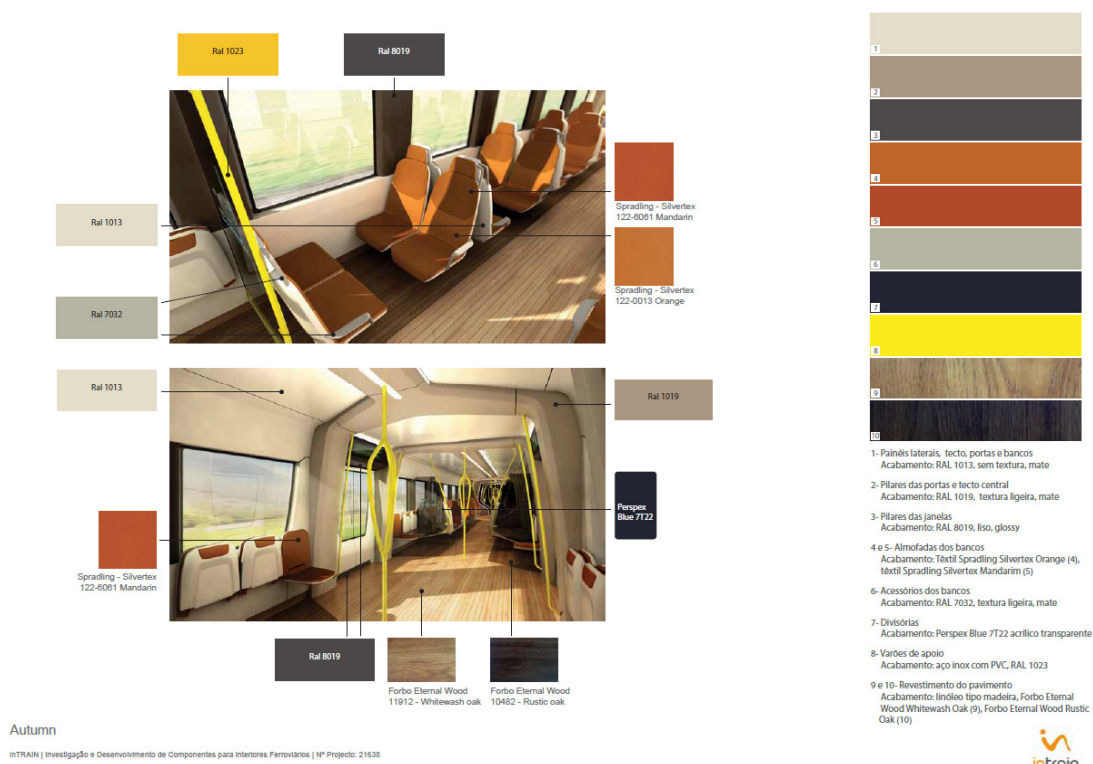


Figura 33 – Tabela de especificação de acabamentos

Para recolha das amostras de materiais, foram realizados contactos com fornecedores, bem como com outros fabricantes de materiais para o sector ferroviário. Entre eles encontravam-se a Spradling (fornecedor de têxteis para revestimento de bancos e painéis); a Forbo (fornecedor de revestimentos para pavimento); a Amorim Cork Composites (fornecedor de sistemas de piso para o sector ferroviário); a Sylumis (sistemas de iluminação) e a Rogers Corporation (espumas para bancos ferroviários). Estes contactos tinham como finalidade garantir o fornecimento de alguns sistemas e materiais a integrar na mock-up do projecto, e cujo fornecimento e know-how não estavam presentes no Consórcio.

Por fim, foi feito projeto de fabrico CAD/CAM de todas as soluções desenvolvidas, tendo sido modelados os sólidos de peças das componentes a desenvolver, bem como definidos os processos produtivos e identificadas as tecnologias de fabricação para a sua concretização, o que incluiu a análise/desenvolvimento de ferramentas.

Para os painéis laterais foram projectados os moldes respectivos, estando estes adaptados ao processo de fabrico seleccionado (Moldação assistida a vácuo) para produção destes protótipos. Foram também verificados os ângulos de saída dos componentes de forma a garantir a desmoldação dos componentes (Figura 34, Figura 35 e Figura 36)

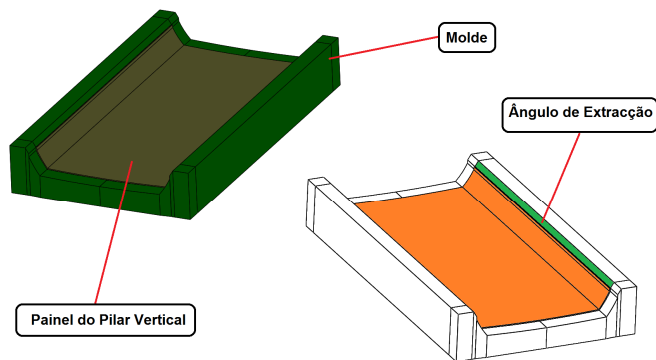


Figura 34 - Projecto de molde do painel do pilar vertical

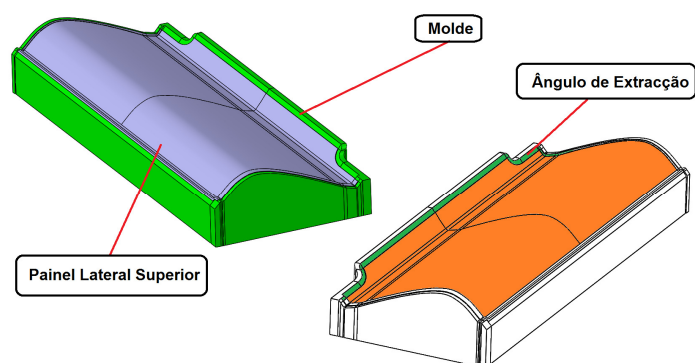


Figura 35 -Projecto do molde do painel lateral superior

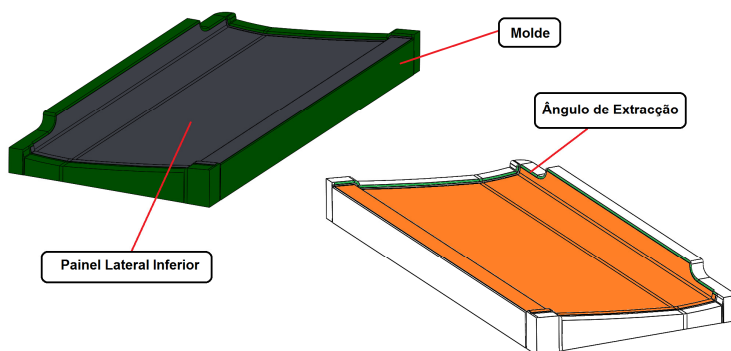


Figura 36 - Molde do painel lateral inferior

Para as cascas dos bancos foi feita uma análise análoga à dos painéis laterais. Assim, também foi projectado um molde adequado às series e ao processo seleccionado (Figura 37).

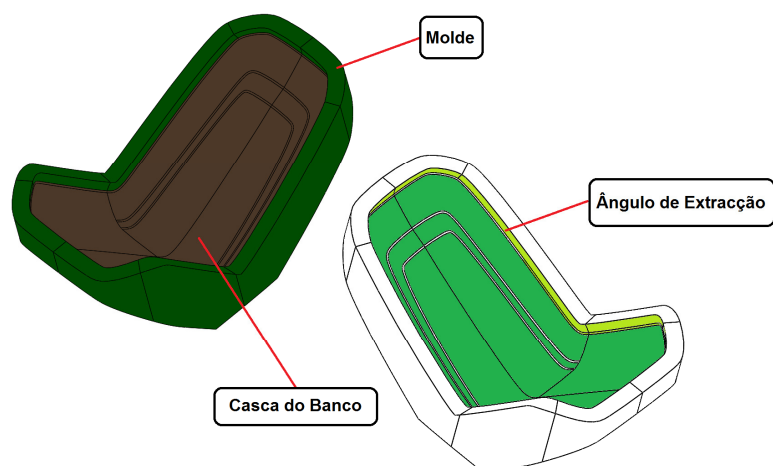


Figura 37 – Molde da casca do banco

Foram também efectuadas simulações de elementos finitos para determinar a resistência mecânica dos bancos (Figura 38).

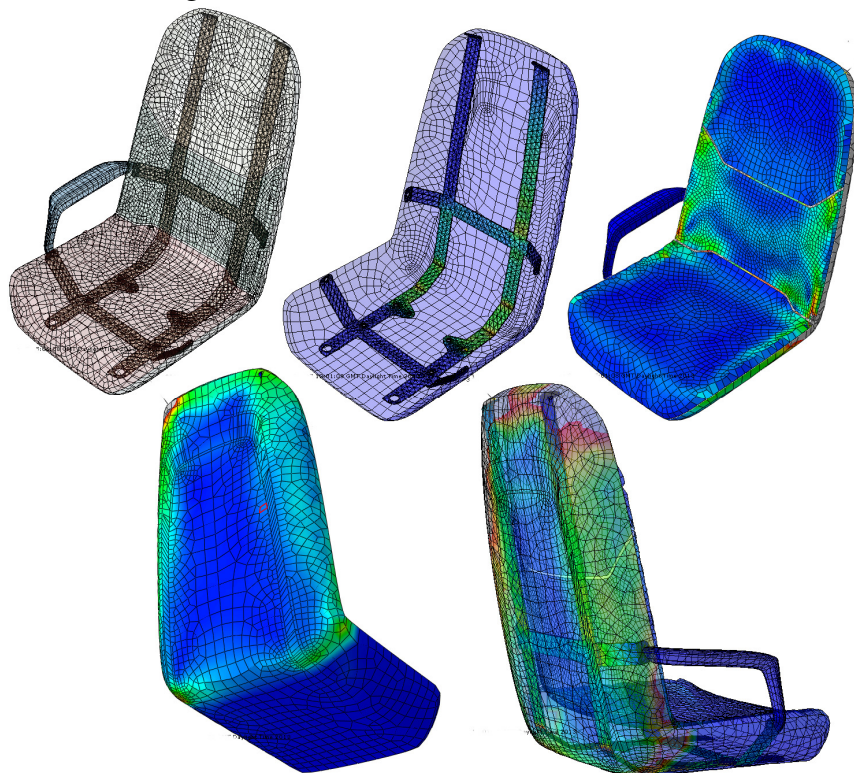


Figura 38 – Simulação numérica do banco

Para o tecto, foram desenhados três moldes para a produção dos painéis (Figura 39; Figura 40; e Figura 41). Estes moldes, e considerando que se pretendia produzir somente protótipos, foram construídos em tooling board (Sikblock M700 ou similar). Na superfície moldante foi aplicado um tapa poros, de modo a selar a superfície. Esta superfície necessita de um bom acabamento de qualidade com rugosidades inferiores a Ra0,8. Foram também marcados nos moldes as linhas de trimagem das peças, que têm uma profundidade e largura não superior a 0,5 mm.

De referir que dois destes moldes necessitaram de elementos móveis de modo a permitir a produção das necessárias abas.

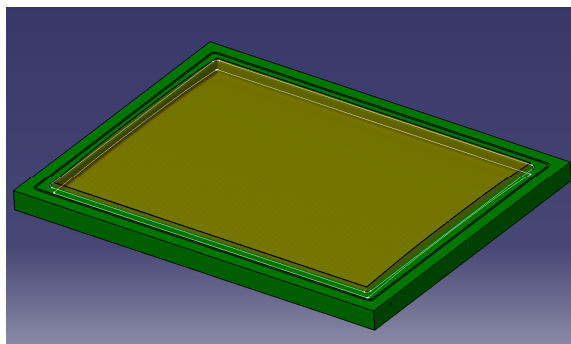


Figura 39 – Molde painel de tecto

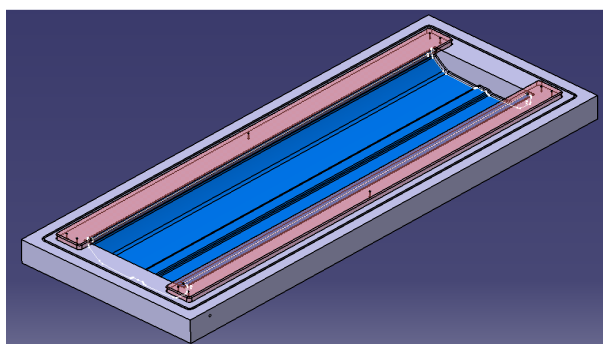


Figura 40 – Molde painel central

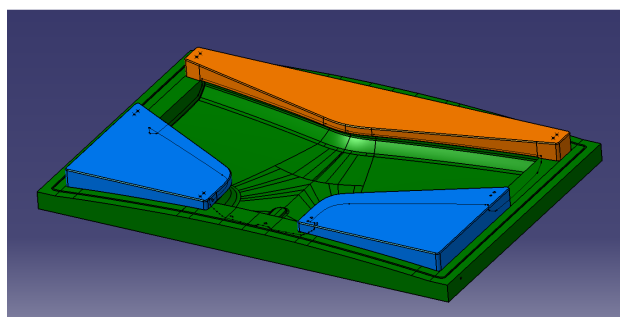


Figura 41 – Molde painel de porta

O sistema sensorial é constituído por vários nós sensoriais que adquirem e transmitem dados dos vários sensores. Estes dados incluem informações como a qualidade do ar, temperatura, humidade, ocupação de lugares, detecção de incêndios e de monitorização da integridade estrutural da carruagem. Cada nó sensorial possui um módulo wireless, compatível com ZigBee Pro, para transmissão dos dados dos sensores para um concentrador, que recebe estes dados e os transmite ao servidor de infotainment. O servidor faz também aquisição de dados da internet, como a previsão do clima ou notícias, e posição de GPS através de GSM. O sistema de ecrãs do infotainment é desta forma alimentado por estes dados que chegam ao servidor (Figura 42).

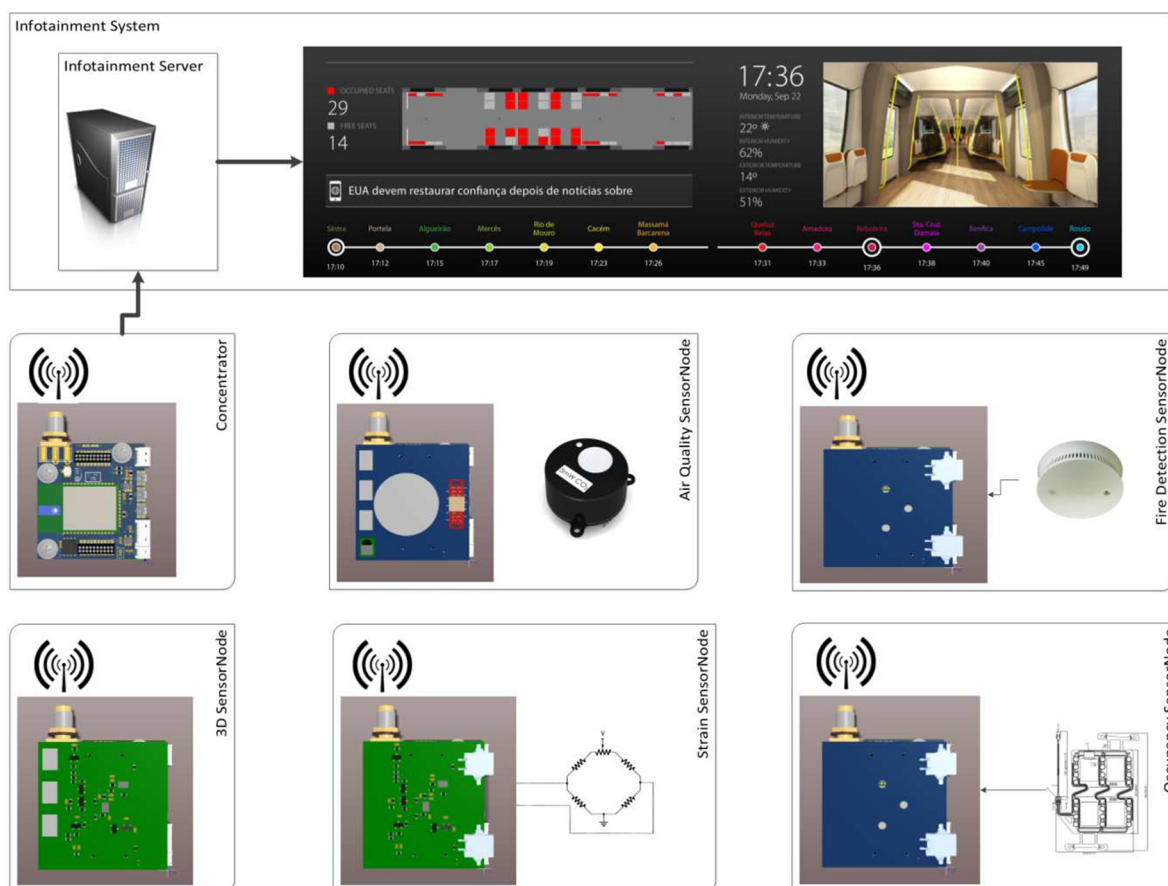


Figura 42 – Diagrama geral do sistema de Infotainment e sensorial

O sistema desenvolvido é modular e possui vários módulos que podem ser alterados consoante as necessidades. Os módulos de comunicação possuem um rádio ZigBee (que suporta o protocolo ZigBee Pro, entre outros) e são a base para todos os nós sensoriais, bem como para o concentrador. Cada módulo sensorial está associado a um módulo de comunicação, que pode ser visualizado na Figura 43.



Figura 43 – Vista 3D da primeira versão do módulo de comunicação

Cada módulo sensorial possui um circuito de acondicionamento de sinal, que irá variar consoante as necessidades de cada sensor (Figura 44).

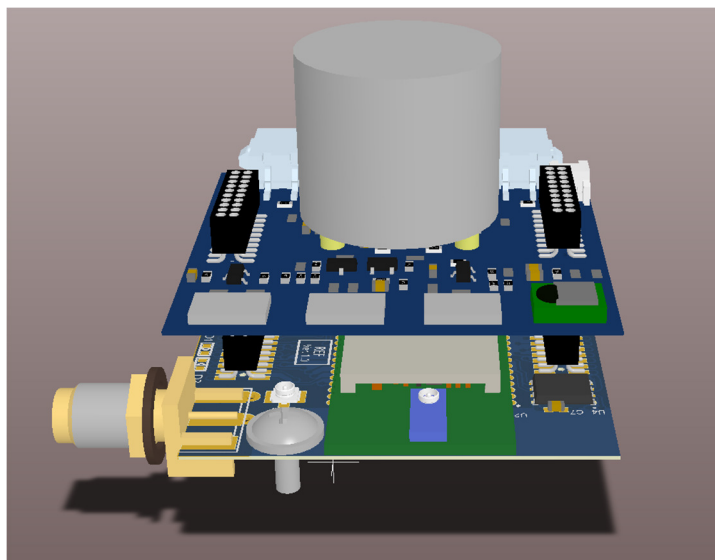


Figura 44 – Vista 3D de um módulo sensorial

No caso dos módulos sensoriais que monitorizam a qualidade do ar, existe a particularidade de cada módulo possuir vários sensores, conseguindo assim medir várias grandezas ao mesmo tempo e no mesmo local (Figura 45).

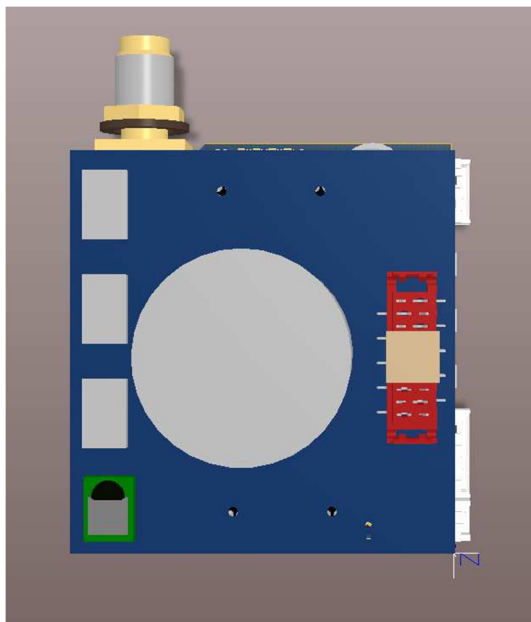


Figura 45 – Vista 3D do módulo sensorial de qualidade do ar

Os módulos sensoriais de detecção de ocupação dos bancos dos passageiros (Figura 46) possuem um módulo para ligação dos sensores de presença que são instalados nos bancos dos passageiros.

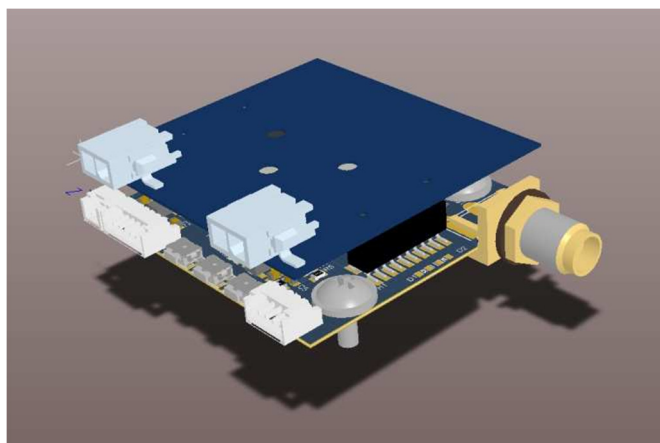


Figura 46 – Vista 3D do módulo sensorial de detecção de ocupação

Os módulos encarregues da detecção de incêndios (Figura 47) possuem sensores de temperatura e humidade no módulo sensorial, bem como uma ligação para o sensor de fumos externo.

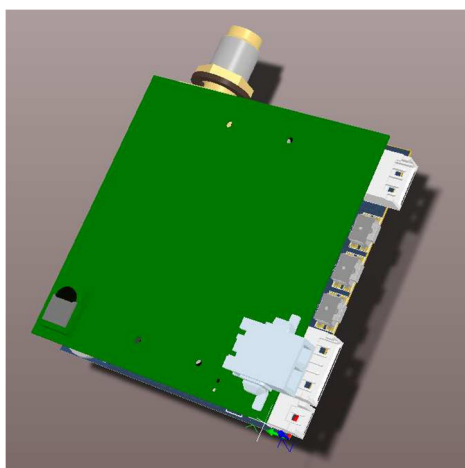


Figura 47 – Vista 3D do módulo sensorial de detecção de incêndios

Relativamente à monitorização estrutural, são necessários módulos que incluem acelerómetros e extensómetros, de modo a que possam avaliar a saúde da estrutura. Os módulos que fazem o registo da aceleração possuem interfaces que suportam e acondicionam o sinal dos acelerómetros (Figura 48).

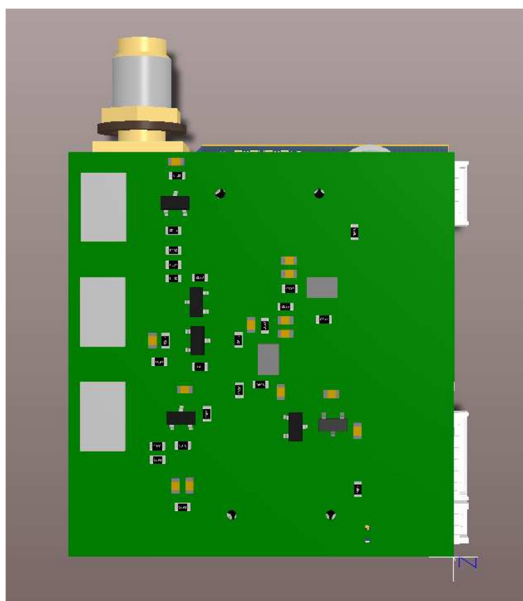


Figura 48 – Vista 3D do módulo sensorial que faz monitorização da aceleração

Para além da aceleração, a monitorização estrutural também necessita de aquisição e análise de extensómetros de forma a medir deformações na estrutura (Figura 49).

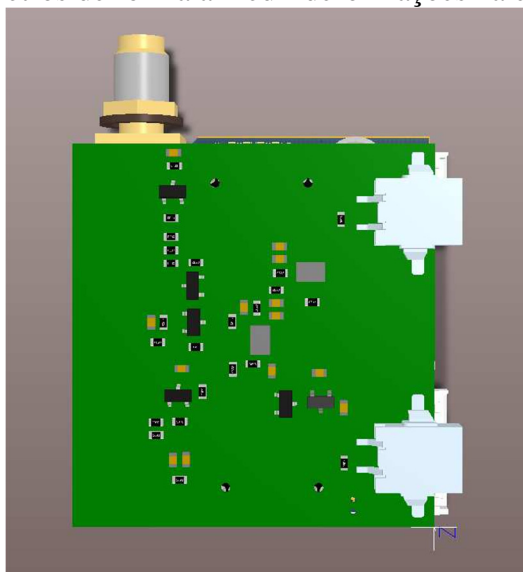


Figura 49 – Vista 3D do nó sensorial que acondiciona os extensómetros

4.5 Atividade 5: Construção de protótipos, pré-séries, instalação experimental/piloto

A actividade 5 consistiu essencialmente no fabrico de ferramentas e componentes e consequente integração para obtenção de um protótipo final.

Assim, o consórcio desenvolveu e validou as geometrias dos moldes para compósitos e realizou programas CNC para a maquinação dos mesmos, utilizando equipamento de comando numérico (CNC). Após a maquinação CNC dos moldes dos componentes a

moldar, seguiu-se o acabamento superficial, que foi feito pelo processo manual com utilização de diversos graus de lixa e diversas camadas de verniz endurecedor. Dado que os moldes são executados em materiais epóxicos a possibilidade dos moldes poderem flectir é grande, pelo que foram projectadas e construídas estruturas metálicas que, para além de facilitarem manuseamento dos mesmos por empilhadores ou gruas, também garantiram a estabilidade dos mesmos durante o processo de fabrico dos compósitos.

De referir que para alguns componentes que fazem parte integrante do interior da carruagem, dada a sua complexidade e custo de execução em material compósito, foi decidida a sua construção pela técnica de prototipagem, sendo para o efeito construídos a partir de blocos de resina epóxida e pelo técnica de maquinação CNC, tendo-se optado no caso dos banco laterais pela utilização de materiais como o ABS e alumínio, pois o seu desempenho, em alguns casos como bancos funcionais, exigia que a sua estrutura fosse mais resistente. As imagens seguintes demonstram alguns dos moldes desenvolvidos e protótipos maquinados (Figura 50 a Figura 53)



Figura 50 – Moldes das costas do Banco



Figura 51 – Moldes para painel lateral baixo

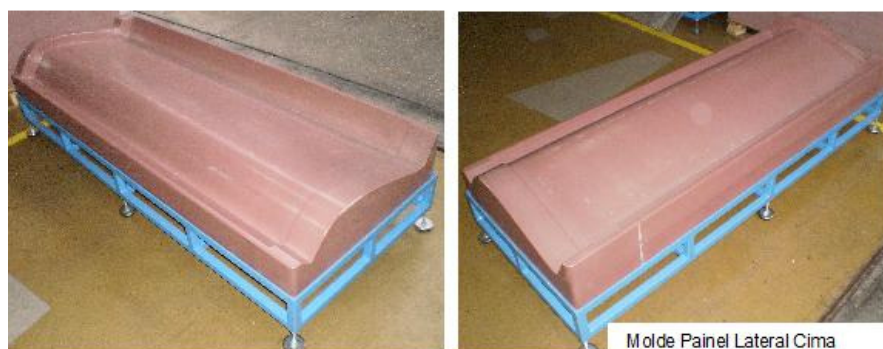


Figura 52 – Moldes para painel lateral cima

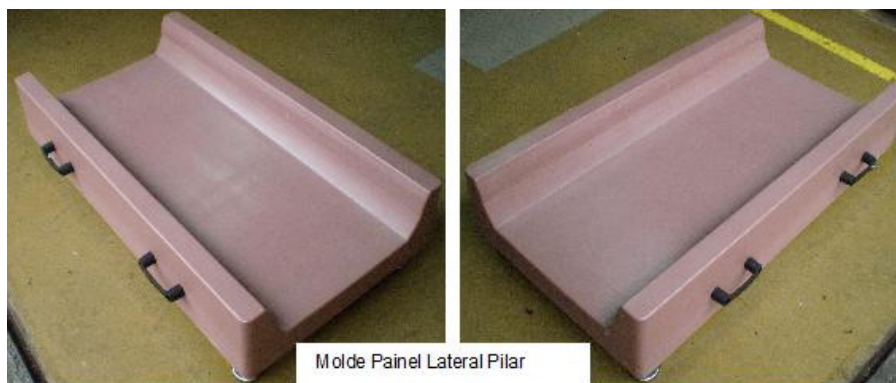


Figura 53 – Moldes para painel lateral pilar

O consórcio também procedeu ao das peças em compósito.

A título de exemplo, apresenta-se a fase de produção dos painéis laterais (Figura 54), dado esta peça já ter sido anteriormente dada como referência, bem como ter sido uma das primeiras peças a ser concretizada.

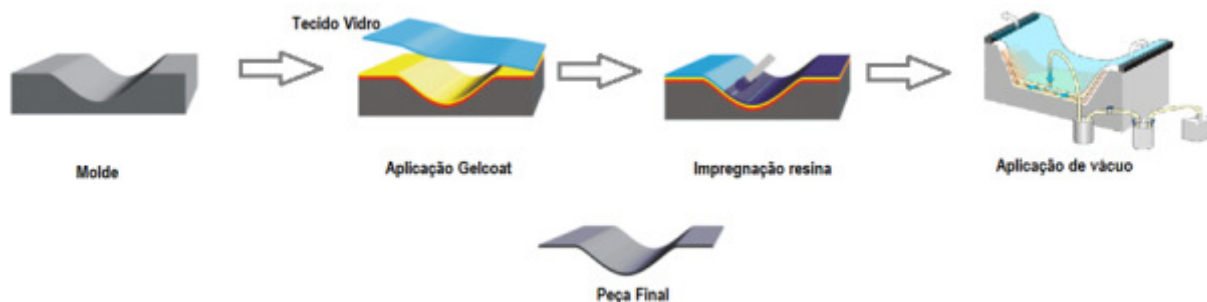


Figura 54 – Sequência de fabrico dos painéis laterais



Figura 55 - Fabrico dos painéis laterais

Com vista o apoio à construção do protótipo, foi definida a disposição dos equipamentos e componentes para integração na mock-up demonstradora do resultado do projecto. Para este efeito foi gerado um conjunto de imagens com duas propostas de layout, de acordo com os componentes a integrar, tendo sido validada pelo Consórcio o layout apresentado (Figura 56).

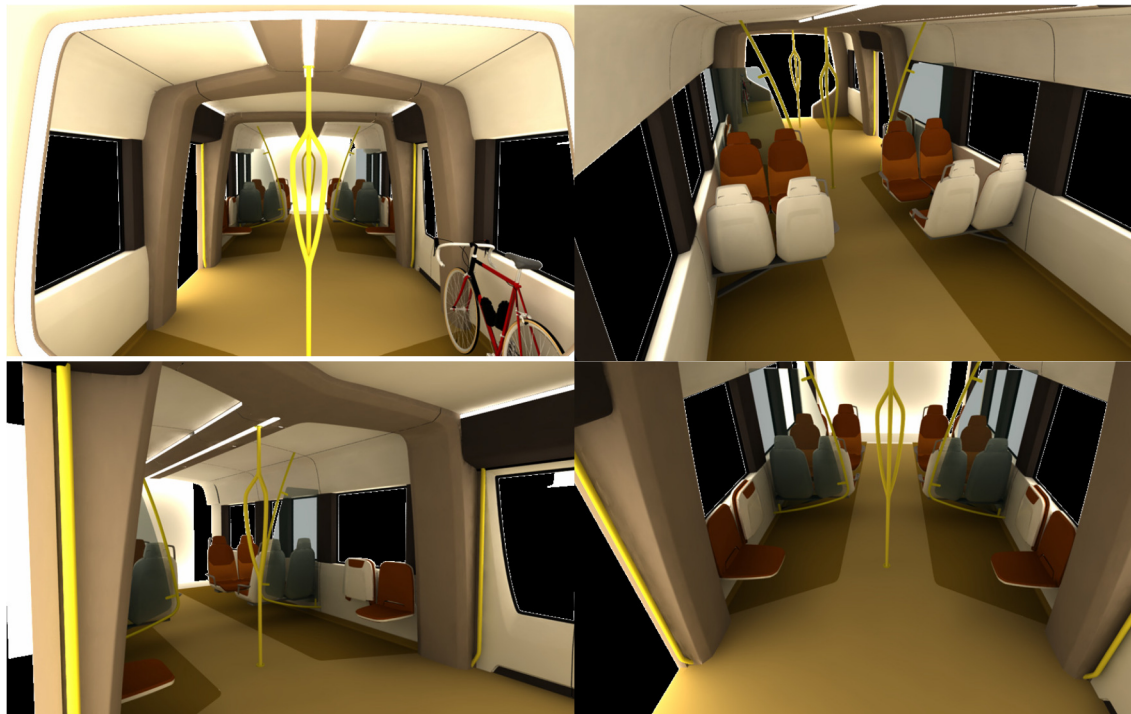


Figura 56 – Visualização do interior da mock-up

Com base no layout apresentado, e à medida que foram sendo concluídas as integrações das peças nos subsistemas (Tarefa 5.3), o Consórcio, nomeadamente através de liderança da EMEF, preparou e integrou todas estas soluções com vista à montagem do protótipo de interior de veículo ferroviário - o principal output do projecto (Figura 57).





Figura 57 – Assemblagem do protótipo de interior de veículo ferroviário

Adicionalmente, de referir que, a nível interior, foi executado material de decoração e acabamento como varões metálicos, peças em acrílico e vinis. Nesse sentido, foi desenvolvido o trabalho de preparação de documentos de apoio à produção - desenhos técnicos 2D (Figura 58) - dos varões / balaústres de segurança do interior da mock-up e das peças em acrílico (divisórias, painel da porta fixa, painel de topo do lado da cabine, peças difusoras de iluminação, entre outras), para solicitação de orçamentos a fornecedores externos visto serem peças e materiais fora da competência dos Consorciados.

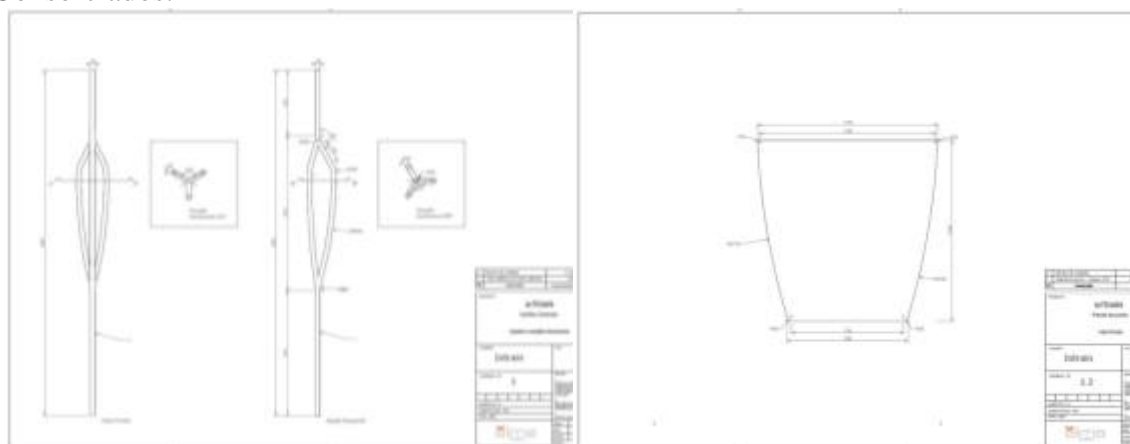


Figura 58 – Desenhos Técnicos de componentes e material de acabamento

Durante esta fase, foi também pesquisado e seleccionado o revestimento para pavimento por forma a ser aplicado um material certificado para a indústria ferroviária. Assim, foi importante o envolvimento da empresa Forbo (especialista em revestimento de pavimento e com referência no sector ferroviário). A Forbo forneceu o material necessário para o revestimento do chão da mock-up, com as referências seleccionadas pelo Consórcio, e prestou o apoio necessário para otimizar a quantidade de material a fornecer, assim como, para encontrar uma solução para recorte de peças e de estereotomia para que reflectisse um bom compromisso entre o consumo de material e os custos de tempo de mão-de-obra na aplicação (Figura 59).

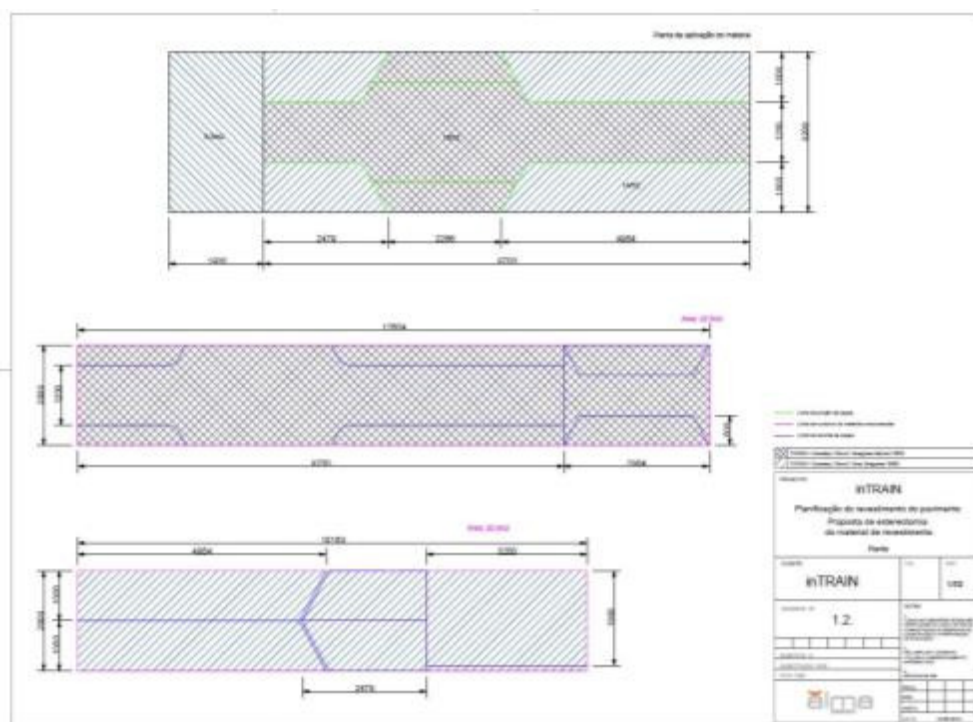


Figura 59 – Planificação do revestimento do pavimento



Figura 60 – Proposta escolhida do grafismo para o exterior da mock-up

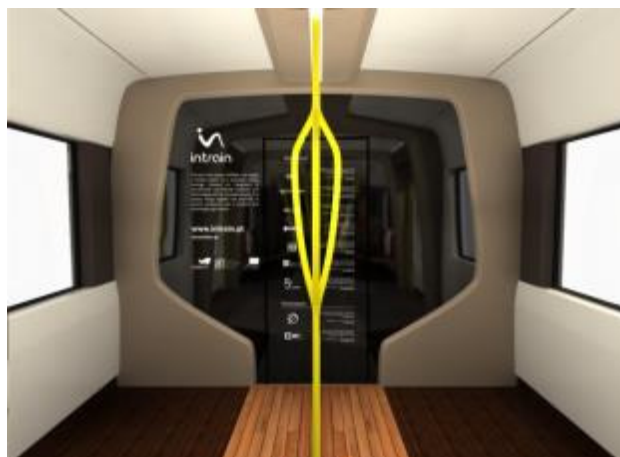


Figura 61 – Visualização da aplicação das peças de vinil no interior



Figura 62 – protótipo INTRAIN com integração concluída

4.6 Actividade 6 – Testes e Ensaios

Esta actividade consiste na definição e execução dos ensaios considerados relevantes pelo consórcio para esta aplicação. Assim, foi elaborado um plano fino dos testes a realizar (PIE – Plano de Inspeção e Ensaios) que contou com o contributo de todos os Consorciados sobretudo na definição da lista dos testes ensaios que deveriam ser realizados (Figura 63), tais como testes de tracção, flexão, impacto, EMC entre outros. O PIE foi elaborado tendo em vista:

- A verificação e demonstração da conformidade do projecto e dos protótipos desenvolvidos com os requisitos estabelecidos;
- A confirmação da adequação e revisão dos requisitos de projecto no âmbito de uma inspecção ao primeiro protótipo alcançado (First Article Inspection - FAI);
- O acerto dos critérios de inspecção e de aceitação para requisitos de menor objectividade.

#	Parceiro	Componente	Ensaio	ID	Standard	Thickness [mm]	Width [mm]	Gauge Length [mm]	Tab Length [mm]	Total Length [mm]	Dimensões dos provetes	Nº Provetes
1	Optimal	Painéis	4 point bending/flexão	P_4PB_Lam1	ASTM C 393	12	75	200	N/A	250	75 x 250 x 12	4
2	Optimal	Painéis	4 point bending/flexão	P_4PB_Lam2	ASTM C 393	16	75	200	N/A	250	75 x 250 x 16	4
3	Optimal	Painéis	Tracção	P_T_Lam1	ASTM D 3039	2	15	108	56	250	15 x 250 x 2	4
4	Optimal	Painéis	Compressão	P_C_Lam1	ASTM D 3410	2	25	25	65	155	25 x 155 x 2	4
5	Optimal	Painéis	Tracção	P_T_Lam2	ASTM D 3039	6	25	88	56	250	25 x 250 x 6	4
6	Optimal	Painéis	Compressão	P_C_Lam2	ASTM D 3410	6	25	25	65	155	25 x 155 x 6	4
7	Optimal	Painéis	shear/arrancamento	P_ILSS_Lam1	ISO 14130	2	10	N/A	N/A	20	10 x 20 x 2	4
8	Optimal	Painéis	shear/arrancamento	P_ILSS_Lam2	ISO 14130	6	30	N/A	N/A	60	30 x 60 x 6	4
9	Optimal	Painéis	shear/arrancamento	P_IPSS	ASTM D 3518	8	25	130	50	230	25 x 230 x 8	4
10	Optimal	Chão	4 point bending/flexão	F_4PB_Lam1	ASTM C 393	16	75	200	N/A	250	75 x 250 x 16	4
11	Optimal	Chão	4 point bending/flexão	F_4PB_Lam2	ASTM C 393	6	75	200	N/A	250	75 x 250 x 6	4
12	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Sand_Imp1	ASTM D 7136	16	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 16	4
13	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Sand_Imp2	ASTM D 7136	16	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 16	4
14	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Sand_Imp3	ASTM D 7136	16	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 16	4
15	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Mono_Imp1	ASTM D 7136	6	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 6	4
16	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Mono_Imp2	ASTM D 7136	6	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 6	4
17	Optimal	Chão	Impacto	CAI_Mono_Imp3	ASTM D 7136	6	100	N/A	N/A	150	100 x 150 x 6	4
18	Optimal	Cantilever	Tracção	C_PT_Lam1	ASTM D 3039	2	15	108	56	250	15 x 250 x 2	4
19	Optimal	Cantilever	Tracção	C_PT_Lam2	ASTM D 3039	2	25	88	56	250	25 x 250 x 2	4
20	Optimal	Cantilever	Compressão	C_PC_Lam1	ASTM D 3410	2	25	25	65	155	25 x 155 x 2	4
21	Optimal	Cantilever	Compressão	C_PC_Lam2	ASTM D 3410	2	25	25	65	155	25 x 155 x 2	4
22	Optimal	Cantilever	shear/arrancamento	C_ILSS_Lam1	ISO 14130	2	11,7	N/A	N/A	23,4	11,7 x 23,4 x 2	4
23	Optimal	Cantilever	shear/arrancamento	C_ILSS_Lam2	ISO 14130	2	11,7	N/A	N/A	23,4	11,7 x 23,4 x 2	4
24	Optimal	Cantilever	shear/arrancamento	C_IPSS	ASTM D 3518	4	25	130	50	230	25 x 230 x 4	4
25	INEGI	Painéis	Tracção	lam_mon	ISO 527							4
26	INEGI	Painéis	4 point bending/flexão	lam_mon	ISO 14125							4
27	INEGI	Painéis	impacto	lam_mon	ASTM D 7136							4
28	Active Space	Mód. wireless (Zigbee)	EMC									
29	Active Space	Mód. wireless (Zigbee)	EMI									

Figura 63 – Ensaios propostos e executados

Em função dos ensaios dos sistemas, foram identificadas algumas não conformidades em alguns componentes eletrónicos, nomeadamente nos PCB's, onde houve a necessidade de adição de uma porta micro USB para que o interface de comunicação fosse mais simplificado e standard, havendo a necessidade do desenvolvimento de novos protótipos (Figura 64).

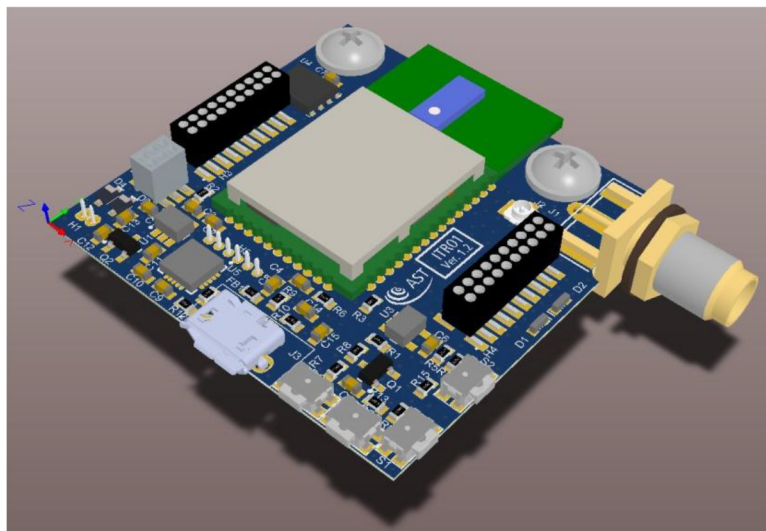


Figura 64 – Vista 3D da nova versão do módulo de comunicação

Foram também realizadas correções ao anteprojecto com base na técnica de “Design Failure Modes and Effects Analysis” (DFMEA) dado que foca essencialmente os modos de falha dos produtos causados por deficiências de projecto.

No desenvolvimento de novos produtos estão previstas algumas ferramentas que possibilitam a aquisição de conhecimento relativamente ao comportamento destes e, com isto antever e corrigir possíveis deficiências que o anteprojecto poderá apresentar.

Foi âmbito desta actividade o desenvolvimento de um DFMEA cujo objectivo é essencialmente o levantamento dos potenciais modos de falha dos produtos causados por deficiência de projecto.

O DFMEA é uma técnica utilizada pelas equipas responsáveis pelo desenvolvimento do produto, com a finalidade de assegurar que, tanto quanto possível, tipos de falhas potenciais, suas causas e consequências tenham sido consideradas, abordadas e mitigadas. De forma mais detalhada, o DFMEA é um resumo das opiniões dos especialistas responsáveis pelo projecto do componente/sub-sistema ou sistema projectado (incluindo uma análise dos itens que poderiam falhar baseados na experiência e nos problemas passados). Assim, de forma a produzir informação o mais fiável possível, foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Identificação dos tipos de falha potencial relativos ao produto;
- 2) Avaliação dos efeitos potenciais da falha;
- 3) Identificação das causas potenciais do projecto do produto para as quais se evidenciam mecanismo de controlo para mitigação da ocorrência.
- 4) Desenvolvimento de uma lista ordenada de tipos de falhas potenciais, priorizadas de acordo com a análise realizada para posterior consideração de acções correctivas.

Também foi elaborado um Estudo de Manutenibilidade cujo objectivo foi estudar a probabilidade do produto desenvolvido requerer intervenção de manutenção correctiva ou preventiva e definir a forma como este deverá ser reparado/inspeccionado.

No tocante a Operação e Manutenção desta nova frame interior, foi desenvolvido, em conjunto com os restantes Parceiros, um estudo de manutenibilidade para o estabelecimento dos planos de manutenção preventiva e correctiva, de acordo com os índices de manutenibilidade esperados.

De acordo com a Norma EN 50126 - Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), no caso

da Material Circulante (MC) os seus sub-sistemas, equipamentos e componentes, existem diferentes alvos de manutenibilidade a serem cumpridos:

- Requisitos Qualitativos genéricos – Exemplo: acessibilidades, ligar/desligar, remoção, manuseamento, instalação, padronização, etc.;
- Requisitos de Manutenção Preventiva (qualitativa/ quantitativa) – Exemplos: frequência, nº. máximo de pessoas relacionadas com a frequência, nº. máximo de horas relacionadas com a frequência, etc.;
- Requisitos de Manutenção Correctiva (qualitativa/ quantitativa) – Exemplos: MTTR, TTR máximo, etc.;
- Requisitos de Apoio Logístico – Exemplos: atrasos administrativos e de fornecimento, disponibilidade de sobresselentes, etc.;
- Requisitos de custos de manutenção.
- As características dos equipamentos de um processo produtivo moderno podem definir diferentes critérios para a selecção do método de manutenção a ser utilizado. Serão realizadas diversas considerações sobre a escolha do método de manutenção dentro dos novos conceitos de manutenção.
- Os métodos de manutenção podem ser divididos nos seguintes grupos: correctiva, preventiva, preditiva e produtiva (proactiva). São a seguir definidas, de forma sucinta, as que serão utilizadas no âmbito deste projecto.

Manutenção correctiva:

Este método consiste na existência de uma situação não-planeada para a execução da manutenção. A intervenção ocorre apenas quando o equipamento perde a sua função. A manutenção correctiva também é conhecida como “Run To Failure” (RTF), que significa “operar até partir”.

Nas instalações industriais a utilização racional deste método está limitada a equipamentos em que as consequências da falha não sejam significativas para o processo produtivo, como por exemplo: motor de pequena potência, ar condicionado, para conforto pessoal, e exaustores de restaurantes.

Quando o uso da manutenção correctiva é praticada de forma inadequada numa instalação podem-se ter as seguintes consequências: perda de produção, destruição catastrófica, planeamento ineficiente de mão-de-obra, excesso de peças em stock, baixa disponibilidade dos equipamentos, riscos de segurança e diminuição da qualidade.

Manutenção preventiva:

A Manutenção Preventiva consiste na aplicação de um programa regular de inspecção, ajustes, limpeza, lubrificação, substituição de peças, calibração e reparação de componentes e equipamentos. Este método é conhecido como manutenção baseada no tempo, sendo aplicada sem considerar as condições do equipamento.

A inspecção periódica e a manutenção com intervalos pré-determinados podem reduzir os níveis de falhas em emergência e melhorar a disponibilidade dos equipamentos.

Para a definição dos períodos de intervenção pode ser utilizado o MTBF (Mean Time Between Failures). Contudo, nem sempre é possível alcançar bons resultados com este critério, pois muitos componentes apresentam falhas aleatórias.

A utilização da Manutenção Preventiva com acção periódica pode resultar em custos excessivos devido às paragens desnecessárias de equipamentos, gastos excessivos com componentes e riscos de danos no equipamento devido à montagem incorrecta.



INEGI
Campus da FEUP
Rua Dr. Roberto Frias, 400
4200-465 Porto
PORTUGAL

✉ inegi@inegi.up.pt
☎ + 351 229578710
📠 + 351 229537352



driving science & innovation *since 1986*

www.inegi.up.pt

U. PORTO